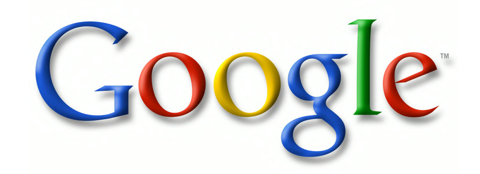
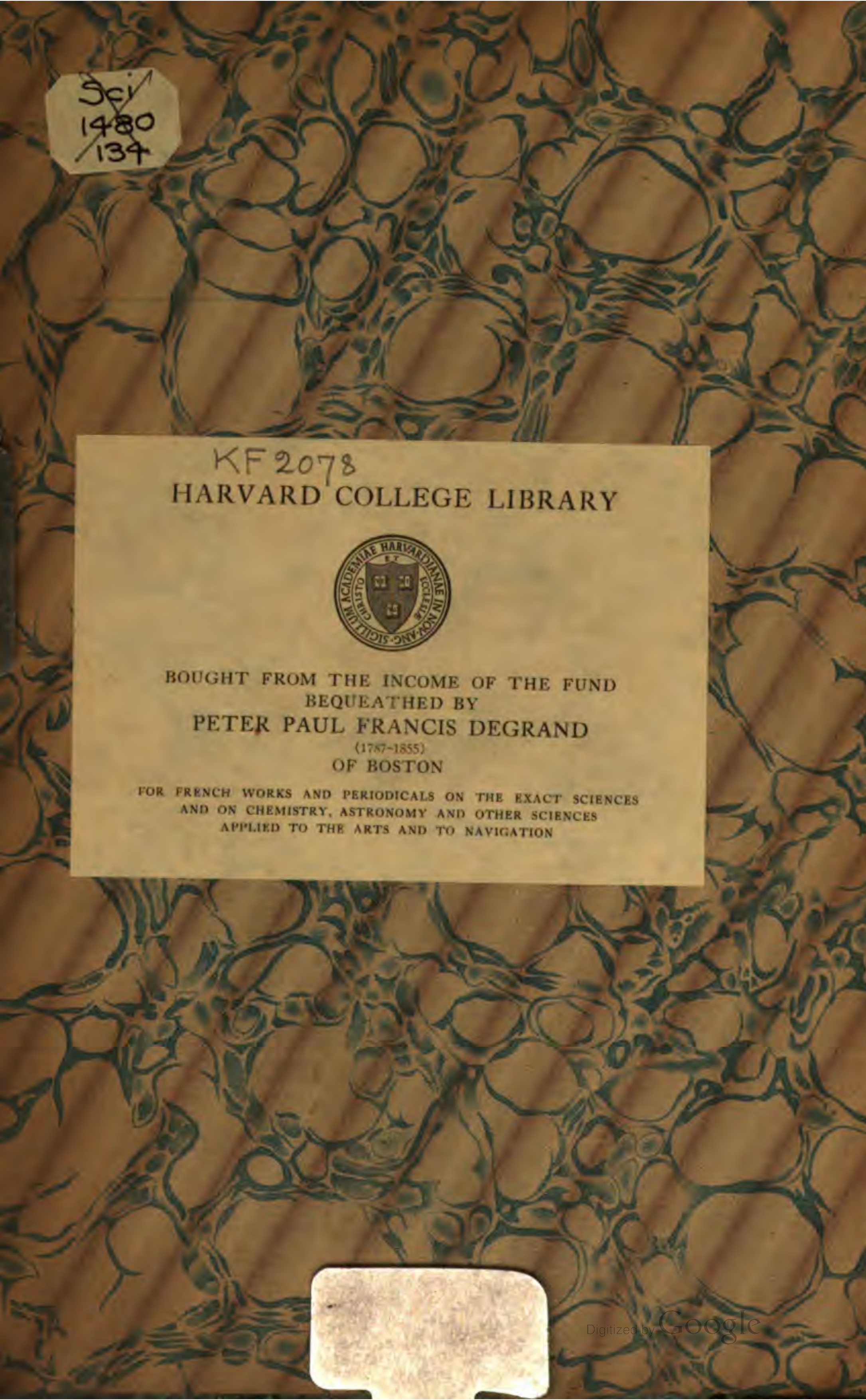

Google


Sci 1480 134
KF 2078
HARVARD COLLEGE LIBRARY
BOUGHT FROM THE INCOME OF THE FUND
BEQUEATHED BY
PETER PAUL FRANCIS DEGRAND
(1787-1855)
OF BOSTON
FOR FRENCH WORKS AND PERIODICALS ON THE EXACT SCIENCES
AND ON CHEMISTRY, ASTRONOMY AND OTHER SCIENCES
APPLIED TO THE ARTS AND TO NAVIGATION
Digitized by Google



SOCIÉTÉ

DES

INGÉNIEURS CIVILS

DE FRANCE

ANNÉE 1906

La Société n'est pas solidaire des opinions émises par ses Membres dans les discussions, ni responsable des Notes ou Mémoires publiés dans le *Bulletin*.

MÉMOIRES

ET

COMPTE RENDU DES TRAVAUX

DE LA

SOCIÉTÉ

DES

INGÉNIEURS CIVILS

DE FRANCE

FONDÉE LE 4 MARS 1848

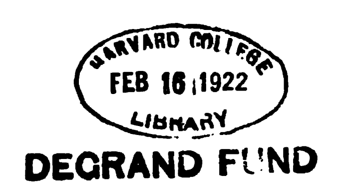
RECONNUE D'UTILITÉ PUBLIQUE PAR DÉCRET DU 22 DÉCEMBRE 1860

ANNÉE 1906

DEUXIÈME VOLUME

PARIS
HOTEL DE LA SOCIÉTÉ
19, RUE BLANCHE, 19

1906


HARVARD COLLEGE
FEB 16 1922
LIBRARY

MÉMOIRES

ET

COMPTE RENDU DES TRAVAUX

DE LA

SOCIÉTÉ DES INGÉNIEURS CIVILS DE FRANCE

BULLETIN

DE

JUILLET 1906

N° 7.

OUVRAGES REÇUS

Pendant le mois de juillet 1906, la Société a reçu les ouvrages suivants :

Agriculture.

SCHLOESING (Th. fils). — *Sur la fixation industrielle de l'azote atmosphérique. Fabrication de nouveaux engrais azotés, cyanamide calcique et acide nitrique, avec l'azote de l'atmosphère.* Conférence faite au Congrès agricole de Toulouse le 29 mai 1906, par M. Th. Schloesing fils (in-4°, 285 × 230 de 32 p.). Paris, Imprimerie Frazier-Soye, 1906. (Don de l'auteur). 44470

Chemins de fer et Tramways.

REISSNER (H). — *Amerikanische Eisenbauwerkstätten.* Bericht verfasst. Prof. Dr.-Ing. H. Reissner (in-4°, 390 × 275 de 75 p. avec 69 fig. et 12 pl.). Berlin, Verlag von Richard Dietze, 1906. (Don de l'éditeur). 44472

Chimie.

LUNGE (G.) et CAMPAGNE (Em.) — *Analyse chimique industrielle.* Ouvrage publié sous la direction de G. Lunge avec la collaboration d'un groupe de techniciens et de spécialistes. Traduit sur la cinquième édition allemande (1904-1906) par Em. Campagne. *Premier volume, Industries minérales* (in-8°, 250 × 160 de VIII-639 p. avec 105 fig.). Paris, H. Dunod et E. Pinat, 1906. Don des éditeurs). 44464

MOUREU (Ch.) — *Notions fondamentales de chimie organique*, par Ch. Moureu. Deuxième édition revue et augmentée (in-8°, 225 × 145 de vi-320 p.). Paris, Gauthier-Villars, 1906. (Don de l'éditeur). 44468

Construction des Machines.

Associazione fra gli utenti di Caldaie a vapore, nelle Provincie Napoletane. Rendiconto della settima riunione dei delegati delle Associazione Italiane fra gli utenti di Caldaie a vapore, tenuta a Napoli nei giorni 19-21 Ottobre 1905 (in-8°, 270 × 185 de 132 p.). Napoli, R. Tipografia Francesco Giannini e Figli, 1905. 44480

CODRON (C.). — *Organes de machines. Conditions et essais de résistance des pistons de machines à vapeur*, par C. Codron (Extrait de la Revue de Mécanique, années 1903-04-05) (in-4°, 315 × 225 de 163 p. avec 287 fig.). Paris, H. Dunod et E. Pinat, 1906. (Don des éditeurs). 44467

SINIGAGLIA (F.). — *La surchauffe appliquée à la machine à vapeur d'eau*, par M. François Sinigaglia. Mémoire présenté au Congrès international de Mécanique tenu à Liège en 1905 (Extrait de la Revue de Mécanique 1905) (in-4°, 315 × 225 de 63 p. avec 10 fig.). Paris, H. Dunod et E. Pinat, 1906. (Don des éditeurs). 44465

Économie politique et sociale.

Office national du commerce extérieur. Exercice 1905. Extrait des Rapports présentés au Conseil d'Administration par le Comité de Direction. Pièces annexes (République Française, Ministère du Commerce, de l'Industrie et du Travail) (in-8°, 240 × 155 de 171 p.). Paris, Imprimerie P. Dubreuil, 1906. 44477

Statistiques des grèves et des recours à la conciliation et à l'arbitrage survenus pendant l'année 1905 (République Française, Ministère du Commerce, de l'Industrie et du Travail. (Direction du Travail) (in-8°, 235 × 150 de xix-684 p.). Paris, Imprimerie nationale, 1903. 44460

Électricité.

DETTMAR (G.), LOPPÉ (F.) et THOUVENOT (A.). — *Règles normales de l'Association des Électriciens Allemands (Verband deutscher Elektrotechniker) pour la comparaison et l'essai des machines et transformateurs électriques*, suivies des commentaires de G. Dettmar. Traduit de l'allemand, par F. Loppé et A. Thouvenot (in-8°, 190 × 125 de 72 p.). Paris, H. Dunod et E. Pinat, 1906. (Don des éditeurs). 44462

ROSENBERG (E.) et MAUDUIT (A.). — *L'Électricité industrielle mise à la portée de l'ouvrier.* Manuel pratique à l'usage des monteurs, électriciens, mécaniciens, élèves des Écoles professionnelles, etc., par E. Rosenberg. Traduit de l'allemand, par A. Mauduit. Deuxième édition, augmentée d'un supplément (in-8°, 190 × 125 de x-390 p. avec 312 fig.). Paris, H. Dunod et E. Pinat, 1906. (Don des éditeurs). 44463

Enseignement.

Annual Calendar of Mac Gill College and University Montreal. Session 1906-1907 (in-8°, 215 × 145 de LVII-327 p.). Montreal, Printed for the University by the Gazette Printed C°, 1906. 44484

Législation

The Institution of Mechanical Engineers. List of Members 1st March 1906. Articles and By-Laws (in-8°, 215 × 135 de 252 p.). 44476

Verein deutscher Ingenieure. Mitgliederverzeichnis 1906 (in-8°, 185 × 125 de 474 p.). Berlin, Julius Springer. 44461

Métallurgie et Mines.

AVAURIEU (P.). — *Étude sur le moulage mécanique*, par M. P. Avaurieu (Extrait de la Revue de Mécanique 1904-1905) (in-4°, 315×225 de 109 p. avec 124 fig.). Paris, H. Dunod et E. Pinat, 1906. (Don des éditeurs). 44466

BEURET (E.-C.). — *Les bronzes de roulements au plomb ou bronzes antifriction*, par E.-C. Beuret (in-8°, 245 × 155 de 6 p.). Paris, Moreau et Cie, 1906. (Don de l'auteur, M. de la S.) 44473

LEMERCIER (G.). — *Étude sur la De Beers Consolidated Mines Limited*, par G. Lemercier (in-8°, 240 × 155 de 23 p.). Paris, Imprimerie Chaix, 1906. (Don de l'auteur, M. de la S.) 44481

LEMERCIER (G.). — *Études sur les mines d'or du Witwatersrand (Transvaal)*, par G. Lemercier (Extrait du Journal Le Rentier) (in-8°, 215 × 135 de 32 p.). Paris, Imprimerie Chaix, juin 1906. (Don de l'auteur, M. de la S.) 44477

Transactions of the American Institute of Mining Engineers. Vol. XXXVI, containing the Papers and Discussions of 1905 (in-8°, 245 × 155 de CXXVII-873 p. avec phot.). New-York City, Published by the Institute, 1906. 44479

Navigation aérienne, intérieure et maritime.

Report of the Governor of the Advisory Board of Consulting Engineers. Upon its work relating to the Barge Canal, from March 8, 1904, to January 1, 1906 (in-8°, 225 × 145 de 19 p. avec 4 phot. et 2 pl.). Albany, Brandon Printing Company. 44471

Technologie générale.

Album de statistique graphique de 1900 (Ministère des Travaux publics) (in-4°, 335 × 260 de 46 pl.). Paris, Imprimerie nationale, 1906. 44482

Minutes of Proceedings of the Institution of Civil Engineers; with other selected and abstracted Papers. Vol. CLXIII, 1905-06. Part. 1 (in-8°, 215 × 135 de VII-479 p. avec 7 pl.). London, Published by the Institution, 1906. 44483

The Institution of Mechanical Engineers. Proceedings 1905. Parts 3-4 (in-8°, 215 × 135 de v- pages 401 à 1080 avec pl. 15 à 61). Westminster, Published by the Institution. 44475

The John Crerar Library. Ninth Annual Report for the year 1903 (in-8°, 255 × 170 de 52 p.). Chicago, Printed by order by the Board of Directors, 1904. 44469

Transactions of the American Society of Mechanical Engineers. Vol. XXVI. 1905 (in-8°, 260 × 165 de XL-841 p. avec 292 fig. New-York City. Published by the Society, 1905. 44474

MEMBRES NOUVELLEMENT ADMIS

Les Membres nouvellement admis pendant le mois de juillet 1906 sont :

Comme Membres Sociétaires Titulaires, MM.

P. Chaffin,	présenté par MM.	Lasson, Marillier, Robelet.
P. Dor.	—	Faure-Beaulieu, Reynaud, Neveu.
C. Fera,	—	Dollot, Rognetta, Wurgler.
A.-J. Leclerc.	—	Mallet, Zbyszewski, Carimantrand.

RÉSUMÉ

DES

PROCÈS-VERBAUX DES SÉANCES

DU MOIS DE JUILLET 1906

PROCÈS-VERBAL

DE LA

SÉANCE DU 6 JUILLET 1906

PÉSIDENCE DE M. A. HILLAIRET, PRÉSIDENT.

La séance est ouverte à huit heures trois quarts.

Le Procès-verbal de la précédente séance est adopté.

M. LE PRÉSIDENT a le regret de faire connaître le décès de MM. :

A.-G. Barlet, Membre de la Société depuis 1885, Ingénieur civil.

J.-P.-A. Gouilly, ancien Élève de l'École Centrale (1863), Membre de la Société depuis 1881, Chevalier de la Légion d'honneur, Répétiteur et Examinateur d'admission à l'École Centrale, Licencié ès-sciences physiques et mathématiques, agrégé des Lycées, M. Gouilly a été Membre du Comité en 1889 et 1893, et titulaire du Prix Giffard en 1888.

M. le Président adresse aux familles de ces Collègues l'expression des sentiments de douloureuse sympathie de la Société.

M. LE PRÉSIDENT a le plaisir de faire connaître les décorations et nominations suivantes :

M. G. Paraf a été nommé Officier d'Académie.

La Société Industrielle de Mulhouse vient de décerner à M. Émile Schwœrer le Grand Prix *Émile Dollfus*.

L'American Electrochemical Society vient de décerner à M. G. Gin le Prix *A.-B. Frenzel*.

M. le Président adresse à ces Collègues les félicitations de la Société.

M. LE PRÉSIDENT dépose sur le Bureau la liste des ouvrages reçus depuis la dernière séance. Cette liste sera insérée dans l'un des plus prochains Bulletins.

La Société des Agriculteurs de France ouvre un concours qui sera clos le 31 décembre 1906.

Le sujet de ce concours est le suivant: *Production et distribution de l'Énergie et de la lumière dans les exploitations rurales au moyen de l'Électricité.*

Notre Collègue, M. Ed. Surcouf nous a fait connaître qu'un Comité s'est formé pour ériger un monument au Colonel Charles Renard. Les souscriptions sont ouvertes et on peut les adresser à M. de Castillon Saint-Victor, trésorier de l'Aéro Club de France, 84, faubourg Saint-Honoré, à Paris.

M. le Président fait connaître que, comme chaque année, pendant les vacances, les Bureaux et la Bibliothèque seront ouverts de neuf heures à midi, et de deux heures à cinq heures.

M. le Président dit qu'à la suite du Compte rendu par M. Favrel du Congrès contre les accidents du feu et des quelques paroles échangées entre M. Regnard et le Conférencier, à la séance du 1er juin, notre Collègue, M. P. Crozet, a adressé une lettre dans laquelle il appuie la manière de voir de M. Regnard. Cette lettre se termine ainsi :

« Pour conclure, mon avis est qu'on a tort de déconseiller les petits » extincteurs, beaucoup plus facilement et rapidement efficaces que les » seaux, éponges, siphons, pompes à main, etc.

» Ce qu'il faut condamner, ce sont les procédés de vente de ces appa- » reils. Leur prix n'est généralement pas surfait, mais on vend au client, » à raison de 4 à 10 fr. chaque, une dizaine de charges de rechange qui » valent à peine quelques centimes. C'est là ce qui constitue l'exploita- » tion de la crédulité publique. »

A la suite de sa communication sur l'application des turbines à vapeur à la navigation maritime, parue dans le Bulletin de Février 1906, M. Hart nous a adressé la petite note suivante :

« M. Hart, sur la demande de M. Speakman, se fait un plaisir de le » remercier ainsi que tous ceux qui lui ont fourni des renseignements » pour le dernier travail sur les turbines à vapeur qu'il a présenté. Il » tient à signaler à l'attention de ses collègues le très intéressant travail » de M. Speakman, lu en octobre 1905 devant l'« Institution of Engineer » and Shipbuilders in Scotland » et intitulé : *The determination of the* » *principal dimensions of the steam turbines with special reference to marine* » *works* dans lequel il a trouvé certains renseignements précieux. »

M. le Président dit que M. Vattier, Collègue bien connu par les Communications qu'il a faites sur le Chili, a bien voulu consentir à donner, ce soir, en quelques minutes, un aperçu de la situation minière et métallurgique du Chili. M. Vattier réside depuis de longues années dans ce pays, et il y a acquis une situation des plus importantes au point de vue français.

M. Ch. Vattier a la parole sur *Le Chili minier et métallurgique au point de vue le plus récent.*

M. Ch. Vattier, tout en regrettant de ne pouvoir disposer que de quelques minutes, remercie M. le Président et M. Herdner de lui avoir permis de profiter de son passage à Paris pour présenter un court résumé de la situation actuelle et des rapides et récents progrès des Industries minières et métallurgiques d'une des plus importantes et plus sympathiques Républiques de l'Amérique du Sud, le Chili.

Le pays qu'il va parcourir très rapidement est compris entre les 19e

et 56e degrés de latitude ; il représente une longueur de territoire d'environ 4 230 km sur une largeur moyenne d'environ 190 km.

Avant d'entreprendre ce voyage, M. Vattier dit quelques mots au sujet de la grande révolution industrielle et économique qui s'est réalisée pendant ces dernières années, depuis sa conférence d'il y a trois ans, dans cette République du Chili :

L'esprit d'association et l'enthousiasme pour les grandes entreprises se sont développés d'une façon surprenante, et cette crise salutaire s'est manifestée par la constitution, aidée par la hausse des métaux, d'un grand nombre de Sociétés et de Syndicats pour les reconnaissance, développement et exploitation des mines et salpêtrières, surtout dans les régions du Nord et pour la mise en valeur par l'élevage et la culture des régions australes, jusqu'ici presque complètement abandonnées.

Au lieu de rechercher principalement dans des papiers et valeurs de Banques ou hypothécaires un bon intérêt de leurs capitaux, les Chiliens préfèrent maintenant engager ces capitaux dans de grandes entreprises industrielles et agricoles, et des Sociétés nouvelles constituées pour plus de cent millions de piastres assurent aujourd'hui le développement de la fortune nationale.

Les étrangers qui, du reste, rencontrent au Chili toutes les garanties possibles et les plus franches sympathies de la part des autorités et des habitants, ont pris part à ce grand tournoi industriel. M. Vattier dit qu'il est heureux que l'élément français y ait été dignement et heureusement représenté. Puis il donne un aperçu de ce qui se passe actuellement sur ce territoire, en allant du Nord au Sud.

Arica. — Tout à fait au Nord du Chili, près du 19°, on vient de commencer la construction d'un chemin de fer qui unira le port d'Arica à la ville bolivienne de La Paz.

Ce chemin de fer, construit par une Société chilienne, coûtera près de 2 millions et demi de livres sterling, et tout en résolvant pacifiquement des questions internationales entre le Chili et la Bolivie, va ouvrir un nouveau territoire à de grandes entreprises minières et métallurgiques, en vue de l'exploitation de la richesse minérale de cette région.

Tarapaca. — Plus au sud, on entre dans la région de Tarapaca, déjà célèbre par ses grands gisements de salpêtres et dont la richesse vient d'être augmentée par la découverte des riches mines de cuivre de Collahuasi. A ce sujet, quelques données :

Grâce surtout à une combinaison réalisée le 1er avril 1901 entre les producteurs de salpêtres, cette industrie a pris un développement considérable, développement qui augmente chaque jour avec les nouvelles exploitations de terrains de nitrate dans les Provinces d'Antofagasta et d'Atacama.

En 1903, la production, avec 80 usines de traitement, était d'environ 1 million et demi de tonnes de salpêtre par an avec 250 tonnes d'iode, d'une valeur de 132 millions de piastres, comme produit auxiliaire, et, comme la *combinaison*, qui se terminait en 1906, vient heureusement d'être renouvelée, on peut compter que cette production de salpêtre va dépasser 2 millions de tonnes.

Il convient de signaler à nos agriculteurs français, en raison des qualités exceptionnelles de cet engrais, l'importance de se le procurer *directement*, sans avoir recours, comme maintenant, à de ruineuses entremises et d'éviter ainsi les falsifications qui en diminuent la valeur.

Les mines de Collahuasi, situées à 4 000 mètres de hauteur, sont reliées par un chemin de charrettes de 90 km à la station de chemin de fer de Carcote, de la ligne de chemin de fer d'Onero à Antofagasta, de manière que le fret atteint actuellement environ 60 piastres la tonne de minerais ! On va faire un chemin de fer de 80 km qui reliera ces mines à Ollague (limite du Chili et de la Bolivie), ce qui réduira le prix du fret. Trois Compagnies travaillent actuellement ces mines sur une superficie de 1 000 hectares.

En 1903, une de ces trois Compagnies a exploité environ 5 000 tonnes de minerais d'un titre de 32 °/₀ de cuivre, 2, 3 g d'or, et 600 g. d'argent à la tonne. Depuis lors, l'exploitation a plus que doublé, et quand le chemin de fer sera fait, on pourra exploiter dans la même région de puissants bancs de conglomérats cimentés par du silicate de cuivre et dont le tout venant donne un titre de 6 à 8 °/₀.

Antofagasta. — Depuis deux ans le port d'Antofagasta a pris une importance considérable et, à cause de son insuffisance actuelle, en vue du développement des exploitations de nitrates et de mines de cuivre, on se préoccupe d'améliorer ce port, question qui doit, comme pour d'autres ports du Chili, appeler l'attention de nos constructeurs et entrepreneurs.

Les mines de cuivre de Chuquicamata, qui au début ne donnaient que des minerais en poudre d'atacomite de 2 1/2 à 3 0/0 de cuivre qu'on élevait par tamisage à 10 et 12 0/0 sont maintenant exploitées à des profondeurs de 200 m et présentent de puissants filons dans des roches dioritiques

En 1904, ces mines ont produit environ 30 000 t d'un titre de 18 0/0 en moyenne.

Chañaral. — Passant la région de Tattal, dans laquelle on a observé le curieux phénomène que les riches mines d'or du Guanaco, en profondeur, se sont transformées en mines de cuivre, nous arrivons à une des régions les plus minéralisées, comme cuivre et même comme or, du Chili, celle de Chañaral.

Une Compagnie française va exploiter prochainement un des groupes les plus importants de ces mines et fondre, au port de Chanaral, dans une usine déjà en pleine marche (grands water-jacket. convertisseurs, etc.), les minerais qui en proviennent.

Signalons dans la même région les mines de cuivre et or de l' « Inca », qui vont être reliées au port de Chañaral par un chemin de fer.

Caldera-Carizal. — A Caldera on vient de terminer l'installation d'une grande fonderie de cuivre avec les perfectionnements les plus modernes pouvant fondre 150 t de minerais de cuivre par vingt-quatre heures.

A Carizal on reprend l'exploitation d'anciennes mines de cuivre et de manganèse.

Coquimbo. — Dans la province de Coquimbo : installations de grandes usines par la voie humide (déjà 3 000 t de cuivre par an), comme « El Almendral » et prospérité de l'usine de fonte de Panulcillo (Central Copper C°) qui arrivera à produire 5 000 t de cuivre par an. Reprise du travail des mines de manganèse. Riches mines de fer qui vont être exploitées par la Compagnie Sidérurgique Française.

Province de Santiago. — Nous avons la satisfaction de voir construire les égouts de Santiago (34 millions de francs) par la Compagnie Française de Batignolles-Fould-Wedeles.

Dans cette même province :

Mines et usines du Volcan ;

Mines et usines de la Société francaise de Catemu, laquelle, en pleine prospérité, a produit l'année dernière environ 2 400 t de cuivre et qui a d'immenses réserves de minerais à la vue.

On s'occupe de la construction du port de Valparaiso : coût 100 millions de francs, et de travaux maritimes à Talcahuano, qu'il faut signaler à nos constructeurs.

Terrains du Sud. — De grandes Sociétés se sont constituées pour l'exploitation des forêts, l'élevage et la culture sur le territoire compris entre les 39e et 44e degrés de latitude.

L'exploitation des lignites dans les régions entre les 36e et 38e degrés (Lota, Coronel, Lebu) a augmenté et dépasse 600 000 t par an.

Détroit de Magellan; Terre-de-Feu, 52° 1/2. — Dans ces régions l'élevage des moutons continue à donner les plus brillants résultats et a fait la fortune d'un grand nombre d'éleveurs.

Les éléments nouveaux sont : l'exploitation des gisements aurifères et la découverte de mines de cuivre jusque dans le voisinage du Cap Horn (56°).

Gisements aurifères. — En 1898 premiers travaux aux îles de Lenox et Navarind, au sud de la Terre-de-Feu.

Société Stephen qui avait 600 ha aux rios Oscar, de Oro et rio Verde. Couches de sable de 7 m. Sutphen, port Porvenir avec chemin de 40 km.

Deux Compagnies, La Argentina et Norte America, 1 300 ha.

En 1903, production de 150 kg d'or; aujourd'hui une drague fonctionne et donne 800 g d'or par jour.

Deux autres dragues vont fonctionner et passeront par jour 2 000 m³ de sable rendant 0,5 g d'or par tonne. Coût 5 2/5; rendement 25 2/5 par mètre cube.

Mines de cuivre de Cutter Cove, deux filons de 5 à 7 m puissance. Oxyde de fer avec cuivre panaché. On va y construire grande usine de concentration et fonderie.

Perfectionnements les plus récents. — On va installer les fours Keller et Leleux pour fondre les mines de cuivre.

Mais la plus importante innovation est l'implantation d'usines sidérurgiques françaises au Chili :

Après vingt ans de luttes et démarches, le privilège d'installations sidérurgiques a été accordé par le Gouvernement Chilien à une Compagnie française.

Les installations auront lieu près de Valdivia dans les régions des forêts et une grande partie des minerais de fer seront apportées de la province de Coquimbo par des navires qui auront des retours avantageux.

On arrivera ainsi au bout d'un certain nombre d'années à produire la plus grande partie des articles sidérurgiques consommés au Chili, dans la République Argentine et autres Républiques voisines.

Conclusion. — Il faut que nos compatriotes ne se laissent pas devancer par les industriels et financiers des autres nations et sachent profiter de cette ère de progrès et de prospérité du Chili. On trouvera dans le mémoire de M. Vattier tous les renseignements qu'il n'a pas pu donner verbalement. M. Vattier souhaite que les Ingénieurs français trouvent dans les circonstances qu'il leur signale l'occasion de faire une application heureuse de leurs connaissances. Pendant son court séjour en Europe, M. Vattier se met d'ailleurs à la disposition de ses Collègues pour tous les renseignements qui pourraient leur être utiles.

M. le Président remercie M. Vattier qui, depuis de longues années, veut bien, presque à chacun de ses voyages en France, venir entretenir notre Société des progrès industriels du Chili.

La Communication que fit M. Vattier, en juillet 1902, sur le « Chili minier, métallurgique et industriel », a eu un grand retentissement.

La Communication d'aujourd'hui complète avec intérêt les Communications de M. Vattier, de novembre 1901 et juillet 1903.

Une bonne part des participations françaises du Chili sont dues à l'influence et aux conseils de M. Vattier; la Société lui en manifeste sa reconnaissance.

M. A. Herdner a la parole pour sa communication sur *Les Locomotives à l'Exposition de Liège* (2e partie).

Dans cette deuxième partie de sa communication, M. A. Herdner se propose d'examiner les locomotives qui figuraient à l'Exposition de Liège au double point de vue de la production et de l'utilisation de la vapeur.

Après quelques considérations d'ordre général sur l'importance relative de cette Exposition, à laquelle deux pays seulement avaient participé, et sur la portée des enseignements qui s'en dégagent, M. Herdner s'occupe des générateurs de vapeur qu'il considère plus spécialement au point de vue de l'étendue des grilles et du timbre, c'est-à-dire des deux principaux facteurs de leur puissance.

Les expériences classiques de la Compagnie P.-L.-M. ont montré que la surface de chauffe des chaudières de locomotive n'a pas sur leur puissance de vaporisation l'influence prépondérante qu'on lui attribuait autrefois. Lorsqu'on se contente d'une évaluation approximative de cette puissance, il est préférable de la supposer proportionnelle à l'étendue de la grille, plutôt qu'à l'étendue de la surface de chauffe, qui trop souvent induirait en erreur. Aussi, M. Herdner a-t-il pris pour règle de rapporter à la surface de grille et non à la surface de chauffe les éléments des locomotives les plus directement liés à leur puissance, tels que le poids en ordre de marche et les dimensions des cylindres.

Les surfaces de grille des locomotives, qui ont toujours été en grandissant, sont sur le point de subir, tout comme le poids adhérent et à cause même du poids adhérent, un accroissement subit d'environ 50 0/0. En effet, quand on voudra utiliser aux vitesses de nos trains rapides le poids adhérent des locomotives à grande vitesse à six roues accouplées, dans les conditions où on utilise aujourd'hui celui de nos locomotives Atlantic, il faudra augmenter de 50 0/0 la puissance des chaudières et, par conséquent, de 50 0/0 la surface de leurs grilles.

Celles-ci seront des grilles débordantes et les foyers devront être soutenus à l'arrière par un essieu porteur muni de petites roues. Il est donc à prévoir que nous verrons circuler prochainement des locomotives du type Pacific en tête de nos express.

Le timbre des chaudières s'est élevé progressivement mais lentement jusqu'en 1888, époque à laquelle la Compagnie P.-L.-M. réalisait un progrès considérable en faisant timbrer à 15 kg ses premières locomotives compound. En 1900, la Compagnie du Nord adoptait pour ses locomotives Atlantic le timbre de 16 kg qui, à Liège, n'a pas été dépassé. L'augmentation des pressions se heurte, en effet, à des difficultés d'ordre pratique qui résultent de la fatigue croissante imposée aux chaudières et des dépenses, croissantes aussi, que nécessite leur entretien. Aussi, est-il à présumer que les constructeurs ne se résoudront à augmenter encore le timbre de la chaudière locomotive qu'à la faveur de quelque perfectionnement notable qui pourrait bien consister dans un changement radical du système.

M. Herdner décrit la chaudière Brotan, qui est un premier essai dans cette voie et dont un exemplaire, destiné à une locomotive de l'État Autrichien, était exposé à Liège par la Société des tubes Mannesmann. Il dit également quelques mots de la chaudière Robert, entièrement à tubes d'eau, mise à l'essai sur le réseau du P.-L.-M. Algérien et dont un exemplaire est actuellement exposé à Milan. Enfin, d'autres chaudières qui seront pourvues de foyers plus ou moins semblables au foyers Du Temple sont actuellement à l'étude. La multiplicité de ces tentatives peut être considérée comme un symptôme et semble indiquer que la chaudière locomotive approche d'un tournant de son histoire. Toutefois, l'élargissement des foyers et l'emploi de la vapeur surchauffée pourraient être de nature à retarder l'adoption des chaudières à tubes d'eau.

Quoi qu'il en soit, en portant progressivement de 7,5 kg à 15 kg le timbre des chaudières de locomotive, on a augmenté environ de moitié la quantité de travail fournie par le kilogramme de vapeur. De même qu'on a pu tripler le poids adhérent des anciennes Crampton en doublant seulement le nombre des essieux rendus moteurs et en augmentant de 50 0/0 la charge de chacun d'eux, de même on a pu tripler la puissance de leurs chaudières en doublant seulement les surfaces de grille et en augmentant de 50 0/0 le rendement du kilogramme de vapeur et, par suite, à peu de chose près, du kilogramme de combustible.

Au point de vue de l'utilisation de la vapeur, les locomotives de l'Exposition de Liège se divisent en deux classes, selon que la vapeur est admise dans les cylindres à l'état saturé ou à l'état surchauffé. Chacune

de ces deux classes se subdivise en deux catégories suivant que la vapeur travaille à simple expansion ou en compound.

Les locomotives à vapeur saturée et à simple expansion comprenaient la totalité des locomotives à voie étroite et des locomotives d'usine. Ce mode d'utilisation de la vapeur étant presque aussi ancien que la locomotive elle-même, et les progrès réalisés depuis près de vingt ans ayant précisément consisté à l'abandonner, M. Herdner ne s'y arrête que pour rappeler que l'abondance des condensations et réévaporations périodiques dans les cylindres le rend impropre à la réalisation économique des longues détentes et, par suite, à l'utilisation des hautes pressions.

Des trois moyens préconisés pour réduire l'abondance de ces condensations : chemises de vapeur, détentes fractionnées, surchauffe de la vapeur, le premier n'a jamais donné, sur les locomotives, aucun résultat tangible. Il n'en est pas de même des deux autres dont M. Herdner s'occupe ensuite successivement et séparément.

Bien que la proportion des locomotives à double détente fût inférieure à Liège à ce qu'elle était en 1900 à Paris, on peut dire que l'Exposition de Liège consacre, dans une certaine mesure, le triomphe définitif du compoundage. En effet, d'une part, la Belgique, le seul des dix pays participants de l'Exposition de 1900 qui n'y fût pas représenté par au moins une locomotive compound, semble s'être ralliée aujourd'hui à l'opinion générale. D'autre part, la totalité des locomotives françaises de grandes lignes étaient compound, témoignant ainsi de l'unanimité des sept grands réseaux en faveur d'un système de détente dont la France fut, il y a trente ans, le berceau, qui se propagea d'abord surtout à l'étranger, mais qui atteignit plus tard dans son pays d'origine le plus haut degré de son perfectionnement.

Cette remarque fournit à M. Herdner l'occasion de faire un historique sommaire du développement de la locomotive compound en France. Il analyse les causes les plus vraisemblables de l'accueil défavorable qu'y ont rencontré autrefois les locomotives compound à deux cylindres, et fait ressortir, incidemment, l'inexactitude des idées qui avaient cours il y a une vingtaine d'années, et qui sont encore parfois exprimées aujourd'hui relativement aux causes générales des mouvements de lacet. Il exprime le regret que les locomotives construites de 1880 à 1892, avant l'apparition des locomotives à quatre cylindres, n'aient pas été établies en compound à deux cylindres, suivant la formule alors usitée à l'étranger, attendu qu'on disposerait aujourd'hui, pour les services secondaires, de locomotives plus économiques que celles qu'on sera naturellement conduit à affecter, pendant encore bien des années, à ces services. Il constate que plusieurs Compagnies ont pensé qu'il n'était pas trop tard pour entrer dans cette voie. C'est ainsi que, depuis 1899, la Compagnie du Midi a successivement transformé en locomotives compound à deux cylindres une quarantaine d'anciennes locomotives à deux, trois ou quatre essieux accouplés. Son exemple n'a pas tardé à être suivi par la plupart des autres Administrations, et c'est précisément une locomotive à grande vitesse ainsi transformée que l'Administration de l'Etat Français avait envoyée à Liège.

Après avoir donné quelques indications relatives à cette machine,

ainsi qu'aux onze autres locomotives compound de l'Exposition qui toutes étaient à quatre cylindres, M. Herdner passe à l'examen des locomotives à vapeur surchauffée dont l'État belge exposait à Liège huit exemplaires.

L'Allemagne, qui fut le berceau de la surchauffe appliquée aux locomotives, comptait à la fin de 1905, soit moins de sept ans après les premiers essais, près de quatre cents locomotives à vapeur surchauffée en service ou en construction. Ce chiffre sera doublé fin 1906. En Amérique, le Canadian Pacific Railway possède actuellement plus de cent quatre-vingts locomotives du même système.

Cette rapide fortune de la surchauffe est-elle justifiée ? Ici, les avis sont très différents. Certains ingénieurs pensent que la surchauffe supplantera la double expansion. D'autres sont d'avis que les deux systèmes se superposeront avantageusement. D'autres, enfin, ne voient dans le rapide succès de la surchauffe qu'un engouement passager. Le principe lui-même n'est pas en cause, mais il est visible que l'on n'est d'accord, ni sur le quantum des économies à réaliser, ni sur l'importance des difficultés auxquelles on se heurtera dans l'application.

Le premier qui ait osé affronter ces difficultés est M. Schmidt, de Wilhelmshöhe, qui a créé successivement trois systèmes de surchauffeur pour locomotives : le surchauffeur placé dans un gros tube ; le surchauffeur placé dans la boite à fumée ; le surchauffeur placé dans les tubes à fumée.

Appliqué en 1898 à deux locomotives, le premier ne donna pas satisfaction : les éléments surchauffeurs se brûlaient. Le second, dont la disposition avait surtout pour but d'éviter les coups de feu, est celui qui s'est le plus répandu en Allemagne, bien qu'il ne soit pas exempt d'inconvénients et qu'il ait donné lieu, en 1902, à un accident dont les causes ne semblent pas bien déterminées. Le troisième, qui comporte, comme le premier, des éléments surchauffeurs constitués par des tubes en U, a été appliqué aux six locomotives de l'État Belge dans lesquelles la vapeur surchauffée travaille à simple expansion. Il semble qu'il ait donné jusqu'ici toute satisfaction.

Les deux locomotives de l'Etat Belge sur lesquelles la surchauffe a été combinée avec la double expansion sont munies du surchauffeur Cockerill, dont M. Herdner donne une courte description.

M. Herdner dit également quelques mots sur les surchauffeurs Pielock, Slucki, Notkin et Cole, dont les deux derniers sont très analogues au troisième système de M. Schmidt.

La surface de chauffe des surchauffeurs belges est comprise entre 21 et 25 0/0 de la surface de chauffe des chaudières. M. Herdner critique cette règle empirique qui conduit à des chiffres très différents quand on cherche à évaluer le poids de vapeur à surchauffer, dans les différents types, dans l'unité de temps et par mètre carré de surchauffe.

M. Herdner entre ensuite dans quelques détails sur les dispositions recommandées par les spécialistes de la surchauffe pour assurer l'étanchéité des organes moteurs et distributeurs et pour les préserver des grippages. Il résume en un petit nombre de règles les dispositions sur lesquelles ces spécialistes semblent être d'accord. Un type de tiroir cy-

lindrique bien approprié à l'emploi de la vapeur surchauffée est encore à trouver. Les tiroirs employés en Allemagne semblent occasionner des fuites de vapeur assez importantes.

Les essais de consommation sur lesquels on est actuellement le plus complètement renseigné sont ceux qui ont été effectués en Allemagne. Ils ont montré que la dépense de combustible des locomotives à vapeur surchauffée non compound est très analogue à celle que font dans les mêmes conditions les locomotives à vapeur saturée compound. Les essais comparatifs entre locomotives à double expansion, les unes à vapeur saturée, les autres à vapeur surchauffée, font à peu près défaut.

Les remarques faites au cours des essais organisés par les directions de Hanovre et d'Alsace-Lorraine sont des plus intéressantes. On a constaté, notamment, que les organes moteurs des locomotives à vapeur surchauffée sont soumis à des chocs plus ou moins intenses qui, à grande vitesse, rendent le séjour sur la plate-forme très pénible pour le personnel. Ces chocs paraissent pouvoir être atténués, mais non supprimés. Les mêmes machines se font remarquer par leur faible consommation de vapeur, par la facilité de leurs démarrages et leur aptitude à donner des coups de collier sans occasionner des entraînements d'eau; mais ce sont là des avantages qui, ainsi que le fait remarquer la Direction d'Alsace-Lorraine, conviennent surtout aux locomotives-tenders affectées à l'exploitation des lignes secondaires.

Des renseignements plus optimistes nous parviennent d'Amérique, où des locomotives compound à vapeur surchauffée auraient procuré en service courant, par comparaison avec des locomotives compound à vapeur saturée, des économies de combustible variant de 10 à 30 0/0.

M. Herdner termine en exprimant l'espoir que des essais semblables, prochainement entrepris en France, nous fixeront plus complètement sur les résultats qu'il est permis d'attendre de l'application de la surchauffe aux locomotives.

M. le Président félicite M. Herdner d'avoir développé son exposé au delà des limites de l'Exposition de Liège, et suivi une voie large et claire pour aboutir à ce qu'il a heureusement appelé un tournant de l'histoire de la locomotive.

La machine de demain est apparue avec son foyer débordant, une boîte à feu garnie de tubes d'eau jointifs, des tubes à gaz réduits au minimum ou remplacés par des tubes d'eau reliant des bouilleurs et collecteurs de vapeur, avec ou sans surchauffeur, des cylindres à expansion multiple et des tiroirs cylindriques.

Bien que le problème de l'appareil moteur et évaporatoire des navires diffère du problème correspondant de la locomotive, on ne peut s'empêcher de constater le rapprochement des solutions qui vont dominer ans ces deux cas.

L'un des réchauffeurs décrits par M. Herdner présente exactement la ructure d'un générateur à tubes d'eau du genre Du Temple, Normand, arrow, etc.

La communication de M. Herdner aura été une des plus importantes l'année; le Bureau et le Comité de la Société en sont particulièrement ureux.

Il est donné lecture, en première présentation, des demandes d'admission de MM. L. Fry, L. Lemaître, J. Methieux, A. Nugues, R. Roger-Marvaise, J. Pierson, O. Pierson, comme Membres Sociétaires Titulaires et de

MM. G. de Lévis-Mirepoix et I. Lemay comme Membres Sociétaires Assistants.

MM. P. Chaffin, P. Dor, C. Féra, A.-J. Leclerc sont admis comme Membres Sociétaires Titulaires.

La Séance est levée à onze heures un quart.

L'un des Secrétaires techniques,
H. Dufresne.

NOTE

SUR LE

DESSERRAGE DES ÉCROUS

PAR

M. André MINNE

On connaît les ennuis, les inconvénients, les accidents même, dus aux desserrages des écrous.

Un grand nombre de remèdes ont été et sont encore journellement proposés.

Beaucoup sont très ingénieux, mais la plupart trop compliqués pour être d'un emploi courant. — Les plus simples et les plus répandus sont le contre-écrou ordinaire, la goupille et la rondelle Grower.

Ces systèmes, qui ont rendu des services incontestables, se trouvent néanmoins insuffisants dans un grand nombre de cas. C'est qu'en effet ils ne s'attaquent pas à la cause réelle du desserrage de l'écrou. Cette cause réside uniquement dans la masse de l'écrou, ou plutôt dans son inertie : il arrive fréquemment que les vibrations complexes auxquels sont soumis les organes d'une machine produisent sur les écrous qui les maintiennent des résultantes ou plutôt des couples dans le sens du desserrage de ces derniers.

On a vu sur certains moteurs à grande vitesse des écrous desserrés quitter leur siège, et continuer, sous l'action des vibrations, à remonter de plusieurs filets sur la tige de leur boulon. Il est évident que le mouvement de ces écrous libres sur leur tige ne pouvait leur être imprimé que grâce à leur masse extérieure au boulon, et par l'effet des couples en question.

On peut calculer que la force vive acquise par un écrou, dans ces conditions, est proportionnelle à la hauteur de cet écrou, mais varie avec la quatrième puissance de son diamètre extérieur.

En considérant, en effet, l'écrou comme un anneau cylin-

drique de masse M, de diamètres extérieur et intérieur D et d, et en admettant que le couple de desserrage soit appliqué au cylindre moyen et lui imprime une vitesse V proportionnelle au diamètre de ce cylindre $\frac{D - d}{2}$, on trouve que la force vive acquise sous l'effet d'une vibration prend la forme :

$$\frac{1}{2} MV^2 = \alpha D^4 + \ldots\ldots$$

En raison de ce fait, le contre-écrou ordinaire, constitué par un deuxième écrou de même diamètre que le premier, ne peut être un arrêt certain, car lui-même est soumis aux vibrations à peu près dans les mêmes conditions que l'écrou, et rien ne l'empêche de se desserrer d'abord.

D'autre part, si l'on examine le principe même du contre-écrou, qui réside dans le coincement de son filet inférieur, sur le filet supérieur de l'écrou, et qui constitue le point vraiment original et ingénieux de ce système, il faut reconnaître que la forme que l'on a donnée à ce contre-écrou ne lui laisse qu'une bien faible partie de son effet utile.

En effet, sa face inférieure plane jusqu'au cercle inscrit dans l'hexagone entre entièrement en contact avec la face supérieure de l'écrou et l'effort du serrage se répartit sur toute cette surface ; seule une très faible partie de cet effort est utilisée à produire le coincement des filets de vis, tout le surplus produisant une adhérence fâcheuse des faces en contact, qui rend les écrous solidaires et leur permet de se desserrer simultanément, l'un entraînant l'autre.

Un autre effet du contact des deux écrous a été souvent reconnu, mais mal interprété. Le serrage du contre-écrou sur l'écrou doit vaincre les réactions reportées par les filets de vis de ce dernier sur ceux du boulon, et finit par refouler l'écrou vers la pièce, en décollant pour ainsi dire ses filets de ceux du boulon. Dès lors l'écrou devient inutile et peut être considéré comme libre sur sa tige, tandis que les réactions indiquées, augmentées de toutes celles créées par le serrage du contre-écrou, se reportent sur les filets de ce dernier, qui devient le véritable écrou. C'est même pourquoi certains constructeurs ont jugé bon de donner au contre-écrou une épaisseur plus grande qu'à l'écrou.

C'est ainsi qu'on a méconnu le principe du contre-écrou — et

c'est pourquoi il se trouve très souvent insuffisant. — Dans ce cas, on a l'habitude de le munir lui-même d'une goupille fendue. Mais cette dernière, soit simplement logée dans un trou percé au-dessus de l'écrou, soit appliquée dans divers systèmes, comme l'écrou à créneaux, a le tort de supprimer toute précision dans le serrage, d'être coûteuse par le perçage du trou, les dépenses de mèches, difficile à mettre en place et à enlever, souvent cisaillée par les trépidations, brisée ou rouillée dans son logement, en somme aussi incommode que peu sûre.

Il convient encore d'examiner la rondelle Grower, qui a reçu d'innombrables applications et dont les grandes qualités sont sa simplicité, sa commodité d'emploi et son bon marché. — La critique qu'on peut lui faire est de supprimer la précision de l'écrou, car elle impose un serrage déterminé par l'élasticité de la spire d'acier : de plus, elle supprime la bonne surface de serrage de l'écrou (qu'on éprouve souvent le besoin d'augmenter encore en interposant une rondelle plate) et la remplace par une surface gauche et étroite, qui reporte, au serrage, sur les filets et la tige du boulon, une réaction oblique tout à fait défectueuse.

Aussi la rondelle Grower n'est-elle guère employée en mécanique proprement dite ; son triomphe, dû à son prix de revient infime, a été son application aux boulons d'éclisses où il faut reconnaître qu'elle a rendu d'importants services, quoique, dans tous les points délicats et pour les appareils de la voie, elle ait été jugée insuffisante, puisque la plupart des chemins de fer ont préféré y conserver l'usage du simple contre-écrou.

C'est donc au contre-écrou qu'on revient, après tous les systèmes essayés ; aucun de ces autres systèmes ne présente ses qualités de simplicité, de commodité et de précision.

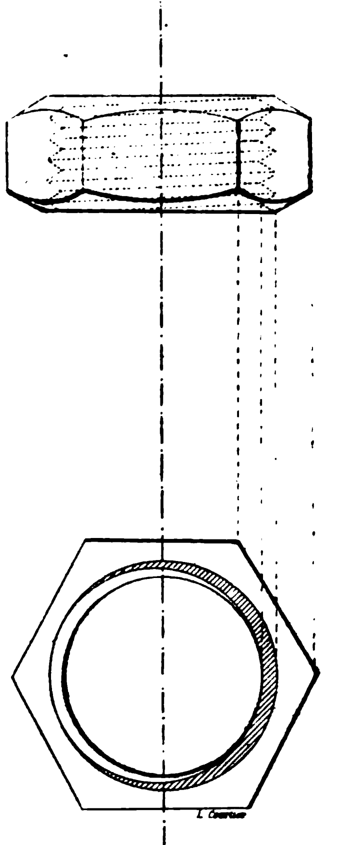
Il suffisait de remédier aux défauts signalés, pour lui donner une réelle efficacité ; c'est ce qui a été fait dans le contre-écrou que nous avons étudié et qui est basé sur les deux principes suivants :

1° Réduction de contact à la section droite des filets de vis de l'écrou et du contre-écrou, de façon que le serrage, s'exerçant uniquement sur ces filets, les coince parfaitement dans le [illegible]et du boulon sans produire d'adhérence nuisible des faces en [illegible]gard.

Ce fait supprime en même temps toute pression du contre-écrou sur l'écrou qui reste bien seul à supporter la réaction des

pièces serrées, le contre-écrou n'agissant que pour empêcher le desserrage ;

2° Réduction au minimum du diamètre du contre-écrou, de façon que la force vive imprimée par les trépidations soit beaucoup moindre pour le contre-écrou que pour l'écrou, qui tend ainsi en se desserrant à augmenter encore le coincement sur le filet en contact.



Le contre-écrou construit sur ces principes a l'aspect de la figure ci-contre, qui indique en plan la surface de contact avec l'écrou, réduite à la section plane du filet de vis. Les considérations théoriques précitées ont été pleinement confirmées par les applications qui ont été faites depuis octobre 1902 sur le matériel et la voie de diverses Compagnies de Chemins de fer et de Tramways, sur des automobiles, et en général sur toutes machines soumises à de fortes trépidations, et dont les écrous autrefois sujets à de fréquents desserrages ont été définitivement bloqués par les contre-écrous de ce type.

Parmi les nombreuses applications faites de ce système depuis près de quatre ans, on peut citer les plus importantes et qui ont donné les résultats les plus probants dans les Chemins de fer :

1° Dans le service du matériel et de la traction.

Aux Chemins de fer de l'État, un premier essai a été fait sur des entretoises de plaques de garde d'une locomotive américaine, dont les écrous autrefois sujets à de fréquents desserrages ont été immobilisés définitivement. Cet essai a duré une année entière et a été suivi d'une application d'une centaine de pièces à la suite de laquelle le système a été adopté d'une façon générale par ce service qui l'a imposé aux adjudicataires

des dernières commandes, en remplacement de tous les contre-écrous ordinaires et plus spécialement sur les tiges de suspension de locomotives, tenders et voitures.

2° Sur la voie.

Le Métropolitain a fait sur les boulons d'éclisses un premier essai de 500 pièces.

Ensuite, quelques milliers de ces contre-écrous ont été placés sur les points difficiles ; enfin, ce service l'a adopté d'une façon générale dans toutes les courbes, boucles, appareils de la voie et pédales de signaux électriques.

Il semble donc bien que ce type de contre-écrou réponde aux desiderata du problème, à savoir : bloquer les écrous par un appareil simple, peu coûteux, pouvant s'adapter à tout boulon en place, facile à poser, à démonter, permettant de régler rigoureusement le serrage et de rattraper le jeu des pièces, et procurant enfin une entière sécurité.

LES COMPTEURS EN GÉNÉRAL

ET PLUS SPÉCIALEMENT

LES COMPTEURS ÉLECTRIQUES

PAR

M. F. BROCQ

Il est un but commun à tous les compteurs en général, qu'ils mesurent de l'eau, du gaz ou de l'électricité, c'est que finalement ils doivent donner à intervalles assez longs, variant de un à six mois, le montant des sommes qu'il y a lieu de faire passer des poches des abonnés dans les caisses des Compagnies ou Administrations distributrices. Ces sommes doivent couvrir le remboursement de leurs dépenses et leur constituer si possible un bénéfice convenable.

De ce rôle qui tient à la fois de celui du gendarme et de l'agent du fisc, il est résulté pour le compteur une popularité médiocre; il n'a pas ce qu'on appelle une bonne presse; c'est dans une atmosphère de suspicion et en butte à une méfiance quasi générale qu'il doit remplir son rôle difficile et pourtant nécessaire. On le rend responsable du manque d'eau, des explosions de gaz, des extinctions d'électricité; les variations en plus ou en moins qu'amènent les saisons dans les recettes lui sont généreusement attribuées.

Lorsque les jours s'allongent, par exemple, l'infortuné constructeur de compteurs doit mobiliser son personnel pour aller vérifier des appareils que le distributeur affolé par la diminution des recettes, accuse de retarder; en hiver, au contraire, les abonnés, effrayés des quittances à payer, accusent les compteurs d'avancer; la présence du compteur explique tout.

Comme je pourrais sembler, comme constructeur, un peu suspect de parti-pris en faveur des compteurs, je tiens à citer les paroles par lesquelles M. Gerhardi, Ingénieur d'un grand secteur de Londres, ouvre une étude qu'il a consacrée dans l'*Electrician*, aux compteurs d'électricité; ces paroles, aussi bien, s'appliquent à tous les compteurs en général.

Il s'exprime ainsi :

« La fonction imposée à un compteur d'électricité est peut-
» être la plus difficile à remplir qui soit demandée à un appa-
» reil électrique. Il est placé suivant toute probabilité dans une
» cave et y reste quatre, cinq ans ou plus, sans autre attention
» qu'une visite trimestrielle du releveur. Avec cela on lui
» demande d'être exact à tous régimes, depuis zéro jusqu'au
» débit maximum, et s'il lui arrive de présenter une erreur de
» 5 à 6 0/0, il est considéré comme un terrible criminel, parti-
» culièrement par l'abonné si l'erreur lui est défavorable. »

Ces affirmations sont plus énergiques encore dans leur texte anglais et elles prouvent que tout le monde s'accorde sur les difficultés du problème.

Ces difficultés ont été aggravées encore par la forme défectueuse qui a été adoptée pour les abonnements.

Je m'explique.

Toute entreprise de distribution à domicile par canalisation, qu'il s'agisse d'eau, de gaz ou d'électricité, exige l'immobilisation immédiate d'un capital important ; l'intérêt et l'amortissement de ce capital, augmentés des frais d'administration et autres dépenses fixes, indépendantes des quantités réellement distribuées, exigent une recette minime annuelle nécessaire avant toute autre. Cette recette devrait être payée par chaque abonné non d'après ses dépenses effectives, mais d'après la faculté de dépense pour laquelle il a contracté.

Cet abonnement minimum, qui semble une nécessité pour le distributeur, se justifie d'ailleurs vis-à-vis de l'abonné, comme étant le paiement de la faculté qui lui est donnée de se servir de la matière distribuée, n'en aurait-il eu l'emploi qu'une fois dans l'année.

Le reste des dépenses du distributeur, qui est proportionnel à ses débits effectifs, ainsi que ses bénéfices qui, eux aussi, sont logiquement proportionnels aux débits puisque le capital fixe trouve par ailleurs, dans l'abonnement minimum, son intérêt et son amortissement, s'ajoutent pour constituer le prix de l'unité. Le compteur intervient alors pour fournir le nombre des unités consommées.

Si cette forme logique de l'abonnement avait été adoptée, on voit de suite quel avantage en serait résulté pour l'organe compteur ; la sensibilité, la précision relativement rigoureuses qu'on exige actuellement et qu'on ne peut guère obtenir que par

des sacrifices sur la robustesse et la sécurité de marche, auraient perdu une part notable de leur nécessité, le rôle du compteur s'en serait trouvé singulièrement facilité : là encore, le compteur est la victime innocente de fautes qui lui sont étrangères.

Ce mode d'abonnement, qui conduit à une diminution notable du prix de l'unité consommée, me semble donner lieu à une répartition plus équitable des charges et favoriser les petits consommateurs qui sont le nombre.

De plus, les problèmes qu'on a tenté de résoudre par les tarifs variables basés soit sur les indicateurs de maximum de demande, soit sur les compteurs à dépassement, auraient également perdu de leur importance.

Enfin, le raisonnement qui conduit à la distribution avec abonnement minimum démontre en même temps la nécessité théorique de l'emploi du compteur. Cette nécessité résulte encore plus nettement de l'expérience. En gaz, il ne semble pas qu'on ait même jamais tenté de distribuer autrement; pour l'eau, l'exemple remarquable de la Ville de Paris donne une mesure de l'effet de l'adoption du compteur; voici en quels termes s'exprime M. Couche, l'éminent Ingénieur en chef des eaux de Paris, dans son livre *Les Eaux de Paris en 1884* :

« Avec distribution d'un même volume d'eau et abaissement
» du tarif : service meilleur, abonnés plus nombreux et accrois-
» sement des recettes. C'est-à-dire que sur les écoulements
» inutilisés qui étaient la conséquence du robinet libre, sur les
» déchets, en un mot, de l'ancien système de distribution, nous
» sommes arrivés à reprendre un volume d'eau qui, jeté dans
» la consommation effective, a fait l'effet d'un supplément con-
» sidérable d'alimentation.

» Le total des dégrèvements, dont les anciens abonnés ont
» bénéficié pendant ces trois années 1881 à 1884, a été de
» 2540000 f.

» Pendant ce temps, l'augmentation des recettes a été de
» 1493818 f.

» Il a donc fallu que le prix des nouvelles eaux vendues, qui,
» je le répète, ne provenaient pas de nouvelles sources d'ali-
» mentation, mais de reprise sur le coulage, s'élevât pour cette
» période de trois ans au total des deux sommes, c'est-à-dire
» de 4034000 f.

» Cette somme de plus de 4 millions a été fournie partie, il
» est vrai, par d'anciens abonnés à robinet libre que le comp-

» teur obligeait, et très justement d'ailleurs, à payer leur con-
» sommation, mais partie aussi par 9839 abonnés nouveaux que
» nous n'aurions pu servir avec l'ancien système.

» On voit ce que la trop grande extension du robinet libre coû-
» tait à la fois à la Ville et au public : à la Ville en diminution
» de recettes, au public en diminution de services rendus.

» Encore ce calcul est-il loin de mesurer dans son entier les
» effets du nouveau mode de distribution, puisqu'il porte sur
» une période où celui-ci, d'abord très restreint, ne s'est géné-
» ralisé qu'à la fin. »

Il faut, en effet, un énorme excès d'eau pour que le robinet libre soit acceptable, et les exemples sont nombreux de villes où sont atteintes des consommations de 4 à 500 l par tête et par jour quand le dixième est suffisant. En fait, avec le robinet libre, le gaspillage ne s'arrête qu'au vide des réservoirs.

En distribution d'électricité, le robinet libre, remplacé par la vente à forfait, ne peut être supporté que dans des cas très rares, et presque toutes les Sociétés qui, à l'origine, avaient cru pouvoir l'adopter à cause du prix élevé et du peu de perfection des compteurs, se sont empressées d'y renoncer aussitôt qu'elles ont pu le faire et ce mode de distribution est maintenant exceptionnel.

Un mot, avant de terminer ce qui a rapport à tous les compteurs en général, sur la cause qui donne tant d'importance à l'enregistrement des plus faibles quantités, c'est que ces petits débits, comme on les appelle, sont presque toujours permanents, c'est-à-dire durent vingt-quatre heures par jour, et que ce coefficient « temps » leur donne une importance qu'on ne soupçonne pas à première vue. Pour l'eau, par exemple, il est démontré que dans une ville sans compteurs, ou munie de compteurs n'enregistrant pas les petits débits, la moitié au moins de l'eau distribuée est absolument perdue, et cela sans profit même pour la salubrité, car les maigres ruisseaux que ces pertes continues donnent dans les égouts ne peuvent même pas servir à leur lavage.

En somme le compteur, appareil modeste et peu en vue, devient intéressant par son nombre et l'importance des sommes dont il contrôle le mouvement; les conditions de son emploi ont fait de sa réalisation un problème difficile et délicat sur lequel se sont exercés et s'exercent encore des centaines d'inventeurs et de constructeurs.

Si du gaz et de l'eau, fluides pondérables dont on se borne à mesurer le volume en une seule unité, le mètre cube, nous passons à l'électricité, le problème se complique encore.

Il y plusieurs unités, le wattheure, l'ampèreheure sur lesquels je n'ai pas besoin d'insister; on a même proposé le mhoheure (mho inverse de ohm) probablement moins connu et qui, enterré dès sa naissance, mérite à mon avis une courte notice nécrologique, que je ne puis mieux éclairer que d'un exemple concret.

Un secteur vous promet, par contrat, de vous fournir du courant à 100 volts; vous achetez des lampes de 10 bougies qui vous sont garanties dépenser 0,33 ampères sous ce même voltage; confiant dans ces données, vous allumez chaque jour pendant une heure un petit lustre de 3 lampes en calculant que cela vous coûtera trente fois 0,10 (à 0,10 l'hectowatt) où 3 f au bout du mois.

Mais le secteur, avec ou sans intention, a marché à 105 volts; et qu'en résulte-t-il? Votre compteur d'énergie a marqué en wattheures 10 0/0 de plus; le compteur ampèreheure aurait marqué 5 0/0 de plus; seul le mhoheure mètre vous aurait fourni une quittance conforme aux conventions en n'enregistrant que les dépenses que vous aviez eu l'intention de faire, il a intégré la conductibilité que vous aviez offerte au courant multipliée par le temps $\int \frac{100}{R} dt$. Cet appareil a été réalisé dans la forme du compteur « Frager ».

De cette considération on peut en tout cas tirer la conclusion que l'ampèreheure mètre fournit entre le wattheure mètre et le mhoheure mètre une solution moyenne convenable.

Revenant aux difficultés du problème compteur, nous constaterons que la chose à mesurer est elle-même variable; le courant peut être continu ou alternatif: il peut être distribué à des fréquences différentes sous forme diphasée ou triphasée, à trois, quatre ou cinq fils; le compteur doit de plus se conformer aux calibres, aux unités et à la langue des divers pays, à une quantité d'usages locaux ou particuliers dans les détails de branchement, de fermeture, etc., à tel point qu'un malheureux constructeur de compteurs, pour un seul type, serait obligé, s'il voulait pouvoir fournir un seul compteur immédiatement sur demande, à en avoir en magasin plus de 2000; cela semble presque incroyable et cela est cependant rigoureusement exact.

A cette complexité dans les emplois du compteur d'électricité est venu s'ajouter le grand nombre de solutions qu'on peut ima-

giner pour chaque emploi; les propriétés de l'électricité sont nombreuses et de tous genres et toutes suivent des lois si parfaitement définies que toutes peuvent lui servir de mesure. Les inventeurs se sont si bien exercés sur la matière qu'en Allemagne, Angleterre, États-Unis et France il a été pris, depuis 1885 seulement, plus de 2000 brevets. Je n'entreprendrai naturellement pas de vous décrire tous ces appareils; chacun d'eux est une application complexe des propriétés de l'électricité qui exigerait une description longue et difficile.

Je me bornerai à l'énumération des appareils dont les figures ont été projetées et dont les descriptions détaillées se retrouvent facilement dans les ouvrages de M. M. Coustet (1), Zacharias (2), Kœnigswerther (3), Gerhardi (4), Solomon (5), dont je me suis aidé dans ce travail.

Ces compteurs forment d'abord un premier groupe d'appareils déjà anciens et qui ne sont aujourd'hui que fort peu ou même plus du tout employés; ce sont :

Compteur Edison électrolytique (vers 1879).
— Edison moteur (1879).
— Cauderay (1883).
— Siemens et Halske oscillant (1883).
— Aron (1883).
— Forbes (1887).
— Borel (1888).
— Schallemberger (1888).
— Frager (1889).
— Marès (1889).
— Desruelles (1890).
— Brillié (1890).
— Meylan Rechniewski (1890).
— Grassot (1891).
— Brocq (1893).
— Duncan.

Vient ensuite un groupe de compteurs *applicables au courant continu* et qui sont encore plus ou moins en service; ils sont

(1) Bernard Tignol, éditeur à Paris.
(2) Wilhelm Knapp, éditeur à Halle (Allemagne), 1901.
(3) Jänecke frères, éditeurs à Hanovre (Allemagne), 1903.
(4) The Electrician, à Londres, années 1904-1905.
(5) Charles Griffin, éditeur à Londres, Exeter Street, Strand, 1906.

rangés dans l'ordre alphabétique, comme dans l'ouvrage de M. Gerhardi :

Compteurs Acmé, Bastian, Eclipse C. R., R. A. Electrical C°, K. G. Electrical C°, type S. Electrical C°, Ferranti A. H., Chamberlain et Hookham, Japy, O'Keenan, Reason, Wright électrolytique fabriqué par la Reason Manufacturing C° à Brighton.

Puis les compteurs spécialement *applicables aux courants alternatifs :*

A. C. T. type de la Compagnie des Compteurs; Batault et B. T. de la Compagnie de Construction Electrique, le compteur Brush Gutmann, de la Sangamo Electric C°, le compteur Cosinus de la Compagnie Continentale des Compteurs; le compteur Eclipse construit par les Lux'sche Industriewerke; les compteurs Ferranti, Hookham, Hummel, Japy, Scheeffer, le compteur Shallenberger construit par la Compagnie Westinghouse; et les compteurs Stanley et Westinghouse.

Enfin les compteurs applicables aussi bien aux *courants continus qu'alternatifs :*

Les compteurs Aron, Duncan, Gramme, Mordey-Fricker, Schuckert, le Thomson ordinaire et le Thomson type A, et le compteur Vulcain.

Avant de parler pour finir des compteurs spéciaux tels que les compteurs à prépaiement, à tarif multiple, à dépassement, nous croyons utile de présenter quelques considérations sur les tarifs de vente.

Tarifs.

L'électricité a encore une qualité ou plutôt un défaut dont la conséquence a été comme nous allons le voir plus loin une nouvelle complication pour les compteurs.

Contrairement à ce qui se passe pour l'eau et le gaz, l'électricité ne peut être emmagasinée. Il résulte de là que les installations électriques doivent être calculées pour pouvoir fournir le maximum instantané de la consommation, d'où une puissance très grande relativement à la production moyenne.

La courbe qui donne les valeurs de cette production aux diverses heures de la journée varie avec la saison puisque l'électricité sert principalement à l'éclairage; elle présente en hiver deux maxima inégaux, l'un peu important le matin, l'autre très important le soir; en été, le premier maximum peut arriver à disparaître. Il est évident que cette forme de la consommation

est d'autant moins avantageuse pour le distributeur que les maxima s'élèvent davantage au dessus de la ligne qui donne la consommation moyenne. L'ordonnée maxima représente la puissance de l'installation et par suite l'importance de l'amortissement qui est une part notable du prix de revient; l'ordonnée moyenne donne le chiffre par lequel il faut diviser la somme précédente pour avoir la part de frais qui incombe à chaque unité distribuée. On voit ainsi combien il devient important pour diminuer cette part d'augmenter l'ordonnée moyenne; c'est à obtenir ce résultat que s'ingénient les distributeurs d'électricité.

Les moyens proposés sont divers :

L'un, déjà assez répandu en Angleterre, est basé sur l'emploi d'un appareil *Indicateur de demande maxima :* il permet de déterminer au moment de chaque relevé du compteur quel a été depuis le dernier relevé le maximum de courant employé : on fait payer, au tarif le plus élevé autorisé, la dépense correspondant au débit maximum pendant un certain *nombre d'heures déterminé* à l'avance et le reste à tarif notablement réduit.

On voit que ce système arrive au relèvement de l'ordonnée moyenne en favorisant les longues consommations. Le nombre d'heures est déterminé pour couvrir les frais fixes de l'usine au tarif élevé; c'est en somme l'abonnement minimum sous une autre forme, mais avec moins de simplicité dans l'application, puisqu'il exige l'emploi d'un appareil spécial.

La question de savoir si cette forme est plus juste ou plus habile au point de vue commercial sort un peu de ma compétence et ne pourrait, selon moi, être résolue que par des études chiffrées des deux méthodes. J'observerai seulement que ce système n'introduit aucune corrélation entre la charge maxima du client et celle de l'usine et par là n'assure pas la régularisation cherchée de la consommation.

Les brevets pris pour des appareils indicateurs de demande maxima sont assez nombreux puisque, de 1900 à 1904, j'en ai pu compter plus de cinquante en Angleterre et en Allemagne : cependant on ne rencontre guère dans la pratique que l'indicateur Wright que beaucoup d'entre vous connaissent sans doute et dans lequel l'indication du maximum du débit est donnée par la quantité de mercure déversée sous l'influence de l'échauffement produit par le courant, dans une ampoule de verre. Une manœuvre simple permet de remettre à zéro après chaque relevé.

Un autre système, qui procède immédiatement de la loi com-

merciale de l'offre et de la demande, est celui de M. Routin. Il semble théoriquement parfait, en ce sens que le prix de l'unité varie à chaque instant pour tous les abonnés en raison inverse de la demande totale; malheureusement les moyens d'obtenir ce résultat sont assez compliqués : il faut agir à distance par une horloge centrale sur l'enregistrement de chaque compteur et il ne semble pas que cette solution ait eu d'autres applications que dans des essais.

Enfin viennent les solutions qui emploient les compteurs à tarif multiple ou simplement à double tarif. Si l'on examine les courbes des débits journaliers dans les diverses saisons et dans une station où l'éclairage domine les autres emplois de l'électricité, on a vu qu'elles présentaient au plus pendant les mois d'hiver deux maxima très inégaux qui permettent de partager la durée de vingt-quatre heures en quatre parties qu'on pourrait appeler nuit, jour, matin et soir, et pour lesquelles l'ordonnée moyenne va en croissant. Pour chaque période il conviendrait d'employer un prix différent d'autant plus bas que la demande est moindre, d'où l'emploi du compteur à tarif multiple. Ce problème est résolu par le dispositif de Baumann dans lequel les prix varient au moyen de cames qui peuvent faire plusieurs changements par jour : il y a quatre cames qui correspondent aux quatre saisons.

Cet appareil cependant ne répond pas aux prescriptions de quelques Villes ou États qui veulent que les dépenses correspondant aux différents tarifs soient enregistrées sur des cadrans différents. Il semble d'ailleurs que par le seul emploi de compteurs à double tarif, la consommation de jour à bas prix puisse devenir assez importante pour que le maximum du matin s'y trouve noyé et alors il ne reste que deux périodes intéressantes, le jour et la nuit, et un simple change-tarif suffit à résoudre le problème pourvu que le partage des vingt-quatre heures en deux périodes de tarifs différents puisse être fait aux points voulus : c'est ce qu'on obtient avec les change-tarifs.

Dans ces appareils on s'est d'abord borné à modifier l'enregistrement même du compteur dans une proportion indiquée, au moyen de résistances intercalées dans l'appareil de mesure ou autrement; mais il semble que ce mode n'est pas accepté par le public et, actuellement, on exige généralement que les enregistrements restent justes en unités électriques et soient totalisés sur des cadrans différents ; on veut aussi que, à la simple

inspection de l'appareil, on sache de suite quel est le tarif actuellement en vigueur.

Le problème ainsi posé ne semble pas comporter plusieurs solutions théoriques ; aussi les change-tarifs ou compteurs à double tarif sont-ils tous basés sur le même principe et ne diffèrent-ils que par les détails d'exécution.

Le principe consiste à avoir une horloge dont un mobile fait un tour en vingt-quatre heures : en deux points de ce tour, qui peuvent être choisis à volonté, il se produit un déclanchement qui amène l'enregistrement de la consommation donnée par le compteur soit sur un cadran soit sur l'autre.

C'est ce qui a lieu dans le change-tarif Aron, dans celui de l'Electrical C° anglaise et dans celui de la Compagnie pour la fabrication des compteurs.

Le changement peut être obtenu en commandant, au moyen d'une horloge unique, des relais placés sur chaque compteur.

Compteurs à prépaiement.

Il existe une dernière catégorie de compteurs d'électricité qui commencent à se répandre dans les pays où le bas prix du courant a permis d'en étendre l'emploi aux couches profondes de la population : ce sont les compteurs à prépaiement. Il a été pris déjà sur ce sujet un grand nombre de brevets et d'assez nombreux appareils sont déjà en service pratique.

Leur principe est généralement le suivant : en mettant la première pièce de monnaie on peut armer l'interrupteur qui donne le courant et en mettant les suivantes, on éloigne de plus en plus une certaine pièce du mécanisme d'une autre pièce dont le mouvement est commandé par la rotation du compteur : lorsque par suite de la consommation, la seconde a rattrapé la première, il se produit un déclanchement qui coupe le courant. Cette conception est réalisée de diverses façons que je n'entreprendrai pas de décrire et qui se trouvent au moins en partie dans les publications que j'ai énumérées plus haut.

Compteurs à dépassement.

Les compteurs à dépassement peuvent être des compteurs quelconques disposés pour ne marquer qu'à partir d'un certain minimum qui lui-même fait l'objet d'un contrat à forfait.

L'ANALYSE ÉLECTROLYTIQUE

PAR

M. A. HOLLARD

L'analyse électrolytique n'est pas destinée à se substituer aux autres méthodes de l'analyse chimique, mais elle les complète en apportant de nouveaux moyens d'investigation.

Lorsqu'on s'est mis à généraliser les méthodes volumétriques, personne n'a songé à renoncer à l'analyse pondérale, mais tout le monde s'est réjoui de ce que l'analyse chimique s'enrichissait. L'analyse électrolytique devient aujourd'hui une vraie science; nous sommes loin de penser qu'elle se suffira jamais à elle-même; c'est une sœur cadette de l'analyse pondérale et de l'analyse volumétrique; toutes les trois, loin de chercher à se substituer l'une à l'autre, doivent tendre au contraire à se compléter l'une l'autre. Aussi bien la famille est loin d'être complète : l'analyse microchimique a déjà pris un essor considérable.

La Société des Ingénieurs civils a pu s'en rendre compte par l'exposé qu'elle a entendu et lu des beaux travaux de M. Guillet.

Il est certain que la série des applications à l'analyse de la physique et de la chimie-physique est loin d'être close. La mesure des conductibilités est, en particulier, un excellent moyen de dosage, pour certains sels.

Pour une science aussi précise que l'analyse chimique, il est très important qu'on ait à sa disposition plusieurs méthodes de recherches basées sur des principes aussi différents que possible. Chacune de ces méthodes a, en effet, ses points faibles; il n'en est pas une qui résolve, à elle seule, tous les cas possibles. Mais là où une des méthodes, la méthode pondérale, par exemple, rencontrera une difficulté, il y a des chances pour que la méthode volumétrique ou la méthode électrolytique ne rencontrent pas, elles aussi, le même écueil. Et, à supposer que les méthodes volumétrique et électrolytique se heurtent, elles aussi, à cet obstacle, les chances d'insuccès diminueront à mesure qu'on aura recours à d'autres méthodes basées sur des principes différents.

Prenons quelques exemples, pour fixer les idées :

Le chlore des hypochlorites se dose très difficilement avec la méthode pondérale, mais très exactement avec la méthode volumétrique. L'aluminium, qui se dose mal avec la méthode volumétrique, pas du tout avec la méthode électrolytique, se dose très bien avec la méthode pondérale. La séparation de l'antimoine et de l'étain, qui est très difficile avec la méthode pondérale, est aussi simple que facile avec la méthode électrolytique.

Nous pourrions multiplier à l'infini les exemples.

Il arrive aussi qu'un dosage ou une séparation puisse se faire aussi simplement et aussi exactement avec l'une ou l'autre méthode. Il ne faut pas s'en plaindre, car on a alors la précieuse ressource de pouvoir contrôler ses résultats par des voies différentes.

Nos essais de séparation et de dosage des métaux par le moyen de l'électrolyse — auxquels a contribué, pour une bonne part notre préparateur M. Bertiaux — ont donc été surtout dirigés là où l'analyse pondérale ou volumétrique laissent à désirer soit au point de vue du manque de précision, soit au point de vue de la lenteur ou de la difficulté de la manipulation.

La méthode électrolytique diffère des autres méthodes analytiques à plus d'un point de vue : d'abord la séparation des éléments n'a plus pour base l'action sur ces éléments de certains réactifs (précipitation par H^2S, tournesol, etc.), mais elle a pour base la valeur des tensions électriques minima nécessaires à leur séparation. D'autre part, avec la méthode électrolytique, en une seule opération le ou les corps à séparer sont transformés chimiquement et séparés mécaniquement.

Il n'y a plus ici de manipulations spéciales comme la filtration.

Enfin, l'analyse électrolytique bien comprise ne nécessite aucune manipulation ni aucune surveillance pendant tout le temps que se fait le dépôt; le résultat de l'analyse dépend donc beaucoup moins de l'habileté de l'opérateur que dans l'analyse ordinaire.

C'est à la cathode que se déposent la plupart des métaux; cependant les métaux qui forment des peroxydes conducteurs u courant, comme le manganèse et le plomb, se déposent très ien à cet état à l'anode.

Avant d'arriver au côté essentiellement pratique de mon sujet, e dirai quelques mots sur les facteurs que l'on ne doit jamais erdre de vue au cours des recherches d'analyse électrolytique.

La densité du courant, c'est-à-dire le rapport de l'intensité du courant à la surface de l'électrode qui reçoit le dépôt, doit être aussi grande que possible afin que la durée de l'électrolyse soit réduite au minimum. Elle est naturellement limitée à la valeur pour laquelle la tension aux électrodes devient assez grande pour provoquer le dépôt des métaux étrangers.

Mais, avant d'arriver à cette limite supérieure, la densité ne doit pas dépasser la valeur pour laquelle elle commence à provoquer des dépôts pulvérulents ou spongieux; et cette valeur est atteinte d'autant plus vite que le liquide est plus pauvre en métal.

La densité du courant est, de plus, limitée à la valeur pour laquelle la diffusion qui dirige vers la cathode le liquide entourant l'anode ne peut plus compenser assez vite l'appauvrissement en métal-ions du liquide avoisinant immédiatement la cathode. — Si donc la diffusion ne compense pas assez vite cette perte de métal au fur et à mesure qu'elle se produit, le liquide s'appauvrit autour de la cathode et cet appauvrissement peut provoquer des dépôts spongieux et pulvérulents. Nous verrons, à propos des électrodes, comment on peut favoriser la diffusion rapide.

L'intensité du courant règle, d'après la loi Faraday, la quantité de métal déposé dans un temps donné. Il semble donc qu'on puisse calculer, d'après cette loi, le temps nécessaire pour priver complètement un bain d'un métal déterminé. Il n'en est rien, car le bain contient toujours des cations étrangers à ce métal, en particulier des ions $\overset{+}{H}$. Le courant a donc comme véhicules non seulement les métal-ions, mais les ions $\overset{+}{H}$.

Nous supposons le lecteur familiarisé avec la notion d'ions. On sait que dans une solution d'acide sulfurique, par exemple, il est admis que l'acide est dissocié, au moins en partie, en deux radicaux $\overset{=}{SO^4}$ et 2 $\overset{+}{H}$. Chacun de ces radicaux porte le nom *d'ions* et est chargé le premier d'électricité négative, le deuxième d'électricité positive. La charge est proportionnelle à la valence du radical : Les deux traits qui surmontent le symbole SO^4 indiquent que ce radical porte deux charges négatives. L'ion $\overset{+}{H}$ ne porte qu'une charge d'électricité positive. — De même le sulfate de cuivre dissocié en solution s'écrira : $\overset{=}{SO^4}$ et $\overset{++}{Cu}$.

Nous disions que le courant a comme véhicules non seulement les métal-ions (c'est ainsi qu'on désigne les ions métal), mais

encore les ions $\overset{+}{H}$ qui se trouvent dans le bain. La concentration de ces ions est assez faible pour qu'au début de l'électrolyse elle soit négligeable par rapport à la concentration du métal à déposer; la quantité du métal déposé est alors proportionnnelle à la quantité du métal qui passe, conformément à la loi Faraday. Mais lorsque la concentration du métal est devenue suffisamment faible, la proportion des métal-ions se rapproche de la proportion des ions $\overset{+}{H}$ (pour ne parler que des ions $\overset{+}{H}$). La loi de Faraday s'applique toujours, mais à condition de tenir compte de l'arrivée à la cathode non seulement des métal-ions, mais encore des ions $\overset{+}{H}$ et des autres ions s'il y en a.

La quantité de métal déposé est alors loin d'être proportionnelle au courant qui passe.

Cette concentration des ions H, d'ailleurs, augmente souvent au cours de l'électrolyse, ce qui retarde encore la fin de l'opération. C'est ce qui a eu lieu, par exemple, dans l'électrolyse du sulfate de cuivre, en solution acide, où la quantité d'acide sulfurique augmente proportionnellement à la quantité de cuivre déposé, puisque, pour chaque équivalent de métal déposé, il y a un équivalent d'acide sulfurique formé. Or l'acide sulfurique est dissocié en ions $\overset{+}{H}$ et $\overset{=}{SO^4}$; sa production amènera donc dans le bain d'autres ions $\overset{+}{H}$.

Ainsi, dans une analyse électrolytique, la plus grande partie des éléments à séparer se dépose d'abord et les dernières parties se déposent beaucoup plus lentement. C'est pour cela que, lorsqu'on électrolyse une solution de cuivre où de nickel, la coloration bleue du liquide disparaît très vite par suite du rapide dépôt des premières parties du métal, et que les dernières parties de cuivre ou de nickel sont si longues à se déposer.

Électrode.

Les électrodes doivent satisfaire à plusieurs conditions :

1° *Les électrodes doivent être inattaquables par les bains employés et ne doivent pas — au cours de l'électrolyse — absorber de gaz.*

Cette absorption augmenterait le poids du dépôt. C'est à tort qu'on se sert d'électrodes en platine pur. Ce métal n'est pas, en général, attaqué par l'électrolyte, mais il acquiert à l'usage — nos observations nous l'ont prouvé — la propriété d'absorber des

quantités très notables de gaz à chaque électrolyse, sans pour cela changer d'aspect. C'est ainsi qu'avec des cathodes en toile de platine pur, vieilles de plusieurs mois, le dépôt de 10 g de cuivre pur, en solution acide, accusait au moins 10,009 g, c'est-à-dire un excès de 9 mg au moins. Aussi nous préconisons le platine iridié qui, lui, n'absorbe pas les gaz, même quand il a servi à un très grand nombre d'électrolyses; de plus, ce platine iridié est encore moins attaquable que le platine pur; enfin le platine iridié est beaucoup plus dur, à épaisseurs égales, que le platine pur.

2° *Les électrodes doivent offrir une forme telle que la densité du courant sur l'électrode qui reçoit le dépôt soit aussi homogène que possible.*

3° *Enfin la forme des électrodes doit favoriser le plus possible la diffusion du liquide de l'anode vers la cathode.*

Les densités de courant qu'on emploiera pourront être d'autant plus grandes, toutes autres conditions égales d'ailleurs, que la forme des électrodes se prêtera mieux au phénomène de la diffusion. Mais il faut aussi compter sur les gaz qui se dégagent toujours à l'anode et qui sont très propres à favoriser la diffusion; il sera donc convenable de donner à l'anode une disposition qui permette à ces gaz de traverser tout le liquide afin de le mélanger dans toutes ses parties.

La diffusion sera encore favorisée par la substitution de la toile de platine à la feuille de platine constituant la cathode: la toile de platine, en effet, permettra au liquide de passer, à travers les mailles, d'un compartiment de l'électrolyte dans l'autre.

Enfin, on peut encore favoriser la diffusion en imprimant à l'électrolyte un mouvement par rapport aux électrodes, ou, ce qui revient au même, aux électrodes un mouvement par rapport à l'électrolyte; de là l'emploi, préconisé ces derniers temps, d'électrodes qu'on fait tourner sur elles-mêmes avec une très grande rapidité.

La chaleur favorise aussi la diffusion; on pourra donc chauffer toutes les fois que la chaleur ne provoquera pas la dissolution du dépôt ni la décomposition du bain.

Nous ajouterons qu'il faut chercher à favoriser la diffusion du liquide anodique vers la cathode avec d'autant plus d'énergie que souvent le sel métallique tend — sous l'influence du courant — à s'accumuler autour de l'anode (phénomène de Hittdorf).

L'appareil Hollard *(fig. 1)* répond à toutes les conditions que

nous avons posées comme nécessaires au bon fonctionnement d'une électrolyse.

La forme des électrodes rend la densité du courant homogène à l'intérieur et à l'extérieur de la toile de platine; de plus, les gaz anodiques traversant librement tout le bain mettent celui-ci en circulation constante, même au travers des mailles de la toile, ce qui donne au bain une composition très homogène. Il en résulte que le dépôt électrolytique se fait suivant une épaisseur égale dans toutes les parties de l'électrode-toile. Dans ces conditions, on obtient — avec un poids minime de platine — une grande rapidité dans la formation des dépôts.

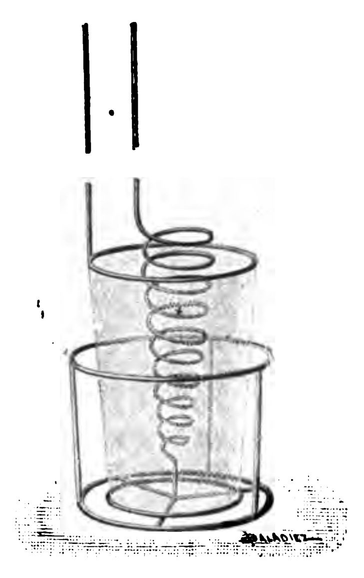


Fig. 1. — Électrodes de Hollard.

Nous ajouterons que cet appareil est en platine iridié et que la toile a été dépolie au jet de sable de façon à présenter le plus de surface possible et une grande adhérence pour les dépôts. Grâce à cet appareil, dont la forme permet une diffusion très rapide des liquides, nous pouvons dans un grand nombre de cas, déposer des quantités illimitées de métal compact et laisser dans le bain les corps qui accompagnaient primitivement ce métal. Ces corps, qui sont des impuretés ou des éléments ajoutés intentionnellement, peuvent donc être dosés avec une très grande exactitude puisqu'ils correspondent à une quantité très grande de métal. C'est là un procédé d'analyse très précieux lorsqu'on veut isoler ces corps rares, comme le vanadium, le tungstène, le titane, qu'on associe de plus en plus aux métaux industriels. C'est encore là un procédé précieux lorsqu'on veut doser les impuretés qui accompagnent les métaux industriels. Nous déposons ...ès facilement sur le cathode 10 g de cuivre en solution nitro-...lfurique, 10 g de nickel en solution ammoniacale et sur l'a...de 10 g de plomb à l'état de peroxyde. Tous nos dépôts sont ...rfaitement compacts et adhérents et les bains qu'ils ont aban...nnés ne contiennent plus que leurs impuretés qu'il est alors ...cile de doser avec une très grande exactitude.

Tension électrique.

Prenons une solution métallique quelconque, de chlorure de cuivre, par exemple, dans laquelle le courant arrive par deux électrodes en platine, le cuivre se dépose sur la cathode et le chlore se dégage sur l'anode :

$$CuCl^2 = Cu + 2Cl.$$

Soit i l'intensité du courant ; la tension électrique aux bornes de la cuve se compose de la tension ε_a nécessaire pour séparer le chlore à l'anode, de la tension ε_c nécessaire pour séparer le cuivre sur la cathode et de la tension ri nécessaire pour vaincre la résistance r du bain. La tension ε_a est égale à $+ 1,417$ pour le chlore, non seulement dans le chlorure de cuivre, mais dans tous les chlorures quels qu'ils soient. La tension ε_c est égale à $- 0,329$ pour le cuivre, non seulement dans le chlorure de cuivre, mais dans tous les sels de cuivre quels qu'ils soient.

Si on néglige la tension ri, qu'on peut d'ailleurs rendre aussi petite que l'on voudra en réduisant i, en augmentant la surface des électrodes et en rapprochant les électrodes, la tension électrique e se réduit à :

$$e = \varepsilon_c + \varepsilon_a.$$

Les valeurs ε_c et ε_a croissent avec la dilution du bain.

Cette tension électrique, somme des tensions cathodiques et anodiques, porte le nom de *tension de polarisation*. Tant qu'on n'a pas atteint cette tension, l'électrolyse ne peut avoir lieu. — Nous poserons donc le principe suivant, que nous appellerons fondamental : *Tout sel métallique, de même que tout acide et toute base, en solution aqueuse, se séparent électrolytiquement sous l'influence d'une tension électrique minima, dite tension de polarisation, qui croît avec la dilution du sel.*

Le tableau suivant donne les valeurs des tensions relatives aux ions en concentration normale (c'est-à-dire à $\frac{m}{\nu}$ g par litre, m étant le poids moléculaire et ν la valeur de l'ion).

Tensions électriques pour des concentrations normales :

A la cathode : ε_c			
K. . . .	+ 3,20	Cu	— 0,329
Na . . .	+ 2,82	As	— 0,293
Ba . . .	+ 2,75	Bi	— 0,35
Sr . . .	+ 2,54	Sb	— 0,47
Ca . . .	+ 2,21	Hg. . . .	— 0,750
Mg . . .	+ 1,508	Ag. . . .	— 0,771
Al . . .	+ 1,276 (?)	Pd. . . .	— 0,789
Mn . . .	+ 1,097	Pt	— 0,863
Zn . . .	+ 0,801	Au. . . .	— 1,079
Fe . . .	+ 0,66	à l'anode : ε_a	
Ni. . . .	+ 0,60	Fl	+ 1,96
Co . . .	+ 0,45	SO^4 . . .	+ 1,9
Cd . . .	+ 0,439	Cl	+ 1,417
Sn . . .	+ 0,192	O	+ 1,12 (?)
Pb . . .	+ 0,162	Br	+ 0,993
H. . . .	± 0	I.	+ 0,520

La tension de polarisation minima nécessaire pour effectuer une électrolyse quelconque s'obtiendra donc en faisant la somme :

$$e = \varepsilon_a + \varepsilon_c.$$

C'est ainsi que le sulfate de cuivre en concentration normale exige pour sa concentration électrolytique la tension :

$$e = 1,9 - 0,329 = 1,571.$$

Le chlorure de nickel nécessite la tension :

$$e = 1,417 + 0,60 = 2,017.$$

Supposons maintenant que nous soumettions à une tension électrique croissante une solution contenant deux sels métalliques quelconques, par exemple les deux sels dont nous venons de parler : le chlorure de nickel et le sulfate de cuivre, il y aura électrolyse dès que la tension sera suffisante pour libérer à la fois l'un des cations et l'un des anions, c'est-à-dire que la tension sera égale à la somme de la plus petite tension cathodique (ici — 0,329) et de la plus petite tension anodique (ici + 1,417).

Ainsi le mélange de chlorure de nickel et de sulfate de cuivre

se comportera comme un mélange de chlorure de cuivre et de sulfate de nickel et c'est le chlorure de cuivre qui s'électrolysera le premier.

Si maintenant nous ajoutons au bain un excès d'anions Cl (en y introduisant, par exemple, du chlorure de sodium), l'électrolyse du sulfate de nickel sera remplacée par celle du chlorure de nickel qui nécessite une tension plus petite.

Ainsi nous pouvons préciser le principe de la tension de polarisation énoncée précédemment, en ajoutant :

Étant données différentes sortes d'anions et de cations, il y aura électrolyse lorsque la tension de polarisation sera suffisante pour libérer à la fois l'un des anions ou l'un des cations.

Les valeurs de ε_c et ε_a, nous venons de le dire, dépendent l'une et l'autre de la concentration des cations et des anions. En analyse électrolytique, où il y a toujours un grand excès d'anions par rapport aux cations à précipiter, la concentration des anions ne varie pas suffisamment au cours de l'électrolyse pour faire varier sensiblement la valeur ε_a. Au contraire, la concentration des cations à précipiter sur la cathode diminue constamment, au cours de l'électrolyse, jusqu'à ce qu'elle devienne pratiquement nulle; il en résulte des variations sensibles pour ε_c et par suite pour e. Ces variations sont données par la formule de Nernst :

$$\varepsilon_c = \frac{K}{\nu} \log \frac{P}{C} \text{ volts.}$$

K est une constante pour une même température ; ν est la valence du métal précipité ; C est la concentration des ions-métal et P la *tension de dissolution* de ce métal. L'idée de tension de dissolution a été suggérée dans la théorie des ions par l'analogie qu'on a établie entre le phénomène de l'ionisation et celui de la vaporisation. De même qu'un liquide (ou d'ailleurs tout autre corps) possède une certaine tendance à passer à l'état de vapeur et que la mesure de cette tendance est exprimée par sa tension de vapeur, de même une substance susceptible d'envoyer des ions en solution tend à passer à l'état d'ions et la mesure de cette tendance est exprimée par sa tension de dissolution.

D'après la formule précédente, on voit que, si la concentration C des ions-métal qui se précipitent sur la cathode diminue en progression géométrique, la valeur ε_c augmente en progression arithmétique. A la température ordinaire (17 degrés), on trouve que, si la concentration est réduite au 1/10 de sa valeur, ε_c aug-

mente de $\frac{0,0575}{\nu}$ volts, ν étant la valence du métal. Considérons, en particulier, une solution de sulfate de cuivre en concentration normale, c'est-à-dire contenant $\frac{63}{2}$ g de cuivre par litre; cette solution peut être considérée comme pratiquement dissociée. Au fur et à mesure que la concentration des cuivre-ions diminue par suite du dépôt de métal sur la cathode, les valeurs de ε_c et de e sont les suivantes :

Variations de la tension de polarisation du sulfate de cuivre avec la concentration.

Concentration (nombre de g par litre)	ε_c	e
31,5000	— 0,33	1,57
3,1500	— 0,30	1,60
0,3150	— 0,27	1,63
0,0315	— 0,24	1,66
0,0031	— 0,21	1,69
0,0003	— 0,18	1,72

Les concentrations plus petites sont pratiquement nulles en analyse.

Avec les solutions de métaux monovalents, comme l'argent, les variations de e sont encore plus considérables.

Variations de la tension de polarisation du sulfate d'argent avec la concentration.

Concentration (nombre de g par litre)	ε_c	e
31,5000	— 0,771	1,129
3,1500	— 0,714	1,186
0,3150	— 0,657	1,243
0,0315	— 0,600	1,300
0,0031	— 0,543	1,357
0,0003	— 0,486	1,414

Si maintenant on se reporte au tableau des tensions électriques des différents métaux en concentration normale, on voit que la différence des tensions de polarisation de deux métaux consécutifs est bien souvent inférieure aux variations de cette tension au cours de l'électrolyse. Aussi :

Une méthode d'analyse basée exclusivement sur la séparation successive des métaux par accroissement graduel de la tension électrique aux électrodes n'est applicable qu'aux métaux dont les différences de tension de polarisation sont supérieures aux variations de cette tension au cours de l'électrolyse.

Nous verrons tout à l'heure dans quelle mesure on peut appliquer ce principe.

Classification des métaux.

Ordre et groupements. — L'ordre dans lequel il convient d'étudier les métaux, en analyse électrique, est indiqué par l'ordre de leurs tensions de polarisation.

Une première classification de ces métaux au point de vue analytique est basée sur leurs propriétés de pouvoir ou de ne pas pouvoir se déposer sur la cathode en solution fortement acide. Les métaux qui ne peuvent pas se déposer en solution fortement acide sont ceux qui nécessitent, pour recouvrir la cathode, des tensions électriques supérieures à la tension pour laquelle l'hydrogène commence à se dégager; on conçoit alors que sous l'influence de ces hautes tensions une solution fortement acide (c'est-à-dire une solution où la proportion des ions $\overset{+}{H}$ est très grande) donne lieu sur la cathode à un dégagement d'hydrogène tellement abondant que toute précipitation métallique y devienne impossible. Les métaux qui sont susceptibles, au contraire, de se déposer sur la cathode en solution fortement acide sont ceux qui ne nécessitent pour cette précipitation que des tensions inférieures à la tension de polarisation de l'hydrogène; leur dépôt n'est pas alors entravé par l'hydrogène.

Métaux non susceptibles de se déposer en solutions fortement acides.	Métaux susceptibles de se déposer en solutions fortement acides.
—	—
Manganèse.	Cuivre.
Zinc.	Arsenic.
Fer.	Bismuth.
Nickel.	Antimoine.
Cobalt.	Mercure.
Cadmium.	Argent.
Etain.	Palladium.
Plomb.	Platine.
	Or.

A la vérité cette classification, comme d'ailleurs toutes les classifications, a quelque chose d'artificiel. En d'autres termes, la séparation des métaux en éléments susceptibles et éléments non susceptibles de se déposer en solutions fortement acides n'est pas aussi tranchée qu'elle en a l'air. Le plomb, dont la tension de polarisation est très voisine de celle de l'hydrogène, peut encore se déposer sur la cathode en solution très acide.

Influence de la nature de la cathode sur la séparation des métaux. — Comme on le voit, la classification des métaux en deux groupes a pour base le rang qu'occupe l'hydrogène dans le tableau des tensions de polarisation des métaux. Mais ce rang n'est fixe, dans la pratique de l'analyse électrolytique, que parce qu'on s'est toujours servi de cathodes en platine. En effet, l'hydrogène — comme l'a démontré Caspari — a une tension de polarisation variable avec le métal constituant la cathode. Si donc, on emploie, comme nous l'avons fait, des cathodes constituées par d'autres métaux que le platine, la tension de polarisation de l'hydrogène prend un autre rang dans le tableau précédent, ce qui fait passer un certain nombre de métaux d'un groupe dans l'autre.

On conçoit donc qu'on puisse arriver, par un choix approprié du métal cathodique, à séparer deux métaux du même groupe dont les tensions de polarisation sont trop rapprochées pour qu'ils puissent être séparés avec une cathode en platine : il suffit, pour cela, de choisir un métal cathodique qui donne à l'hydrogène une tension de polarisation intermédiaire à celle des deux éléments à séparer. L'élément dont la tension de polarisation est la plus faible précipitera alors seul, en solution fortement acide.

Pour choisir le métal cathodique le plus convenable, on consultera le tableau suivant qui a été établi par Caspari et qui donne les différentes valeurs de la tension de polarisation de l'hydrogène dégagé sur différents métaux pris comme cathode, dans une solution d'acide sulfurique normal :

Tensions de polarisation de l'hydrogène dégagé sur différents métaux.

Pt platiné	0,00
Au	0,02
Fe (dans NaOH)	0,08
Ag	0,15
Ni	0,21
Cu	0,23
Cd	0,48
Sn	0,53
Pb	0,64
Zn (en solution acide de zinc)	0,70
Hg	0,78
Cu amalgame	0,51
Pb —	0,54
Cd —	0,68

Mais il ne suffit pas de choisir comme cathode un métal qui ait la propriété de relever la tension de polarisation de l'hydrogène au-dessus de la tension de polarisation de l'élément à précipiter, car cette propriété du métal constituant la cathode disparaît au moment où celle-ci se trouve recouverte par l'élément précipité, et alors la cathode joue le même rôle que si elle était constituée exclusivement par l'élément précipité. Il faut donc encore, pour que l'élément continue à se déposer, qu'il possède, lui aussi, la propriété de relever la tension de polarisation de l'hydrogène au-dessus de la tension de polarisation qui lui est propre.

En prenant les cathodes constituées par le métal même qu'il s'agit de déposer, on voit, d'après le tableau précédent, qu'on peut précipiter en solution fortement acide non seulement les métaux dont les tensions, dans le tableau de la page 39, sont inférieures à celles de l'hydrogène, mais encore le plomb, l'étain et le cadmium. En effet, la tension de polarisation du plomb (0,16) est notablement inférieure à celle (0,64) de l'hydrogène se dégageant sur une cathode en plomb ; il en est de même pour l'étain et pour le cadmium.

Nous donnerons, comme application de cette nouvelle méthode de séparation analytique, la séparation du zinc et du cadmium, métaux que nous n'avions pas réussi à séparer (1) avec une

(1) Aussi bien en solution très légèrement acide (acétique), qu'en solution de cyanure, et si faibles qu'aient été les courants employés.

cathode en platine, à cause des valeurs trop rapprochées de leurs tensions de polarisation. Au contraire, nous avons pu en effectuer la séparation avec une cathode en cadmium et en bain très acide. Nos cathodes en cadmium n'étaient autres que nos électrodes en toile de platine recouvertes électrolytiquement de cadmium, en solution de cyanure.

Le cadmium et le zinc, amenés en solution à l'état de sulfates, étaient additionnés d'un excès d'acide sulfurique concentré. La solution étendue à 300 cm^3 était traversée par un courant de 1 ampère.

Méthodes générales de séparation.

Lorsqu'on veut séparer, par le courant, plusieurs métaux qui sont en solution saline, la théorie indique qu'il suffit de faire croître graduellement la tension électrique aux électrodes, chaque métal se déposant alors à partir d'une tension, dite tension de polarisation, qui lui est propre.

A la vérité, ce principe n'est presque jamais applicable. La séparation de l'argent d'avec le cuivre est à peu près le seul exemple qu'on puisse citer de l'application de ce principe, encore que cette séparation soit longue et fort délicate. Quant aux métaux Zn, Fe, Ni, Co, Cd, Sn, Pb, dont les tensions de polarisation sont supérieures à celle de l'hydrogène et qui, par conséquent, ne peuvent se déposer qu'accompagnés d'hydrogène, ce principe n'a jamais pu être appliqué.

Cet écart apparent entre la théorie et la pratique tient à ce que la solution des métaux, quelle qu'elle soit, a une résistance électrique tellement grande que, pour la tension employée, elle ne peut être traversée que par un courant très faible. Ce courant qui précipite l'un des métaux à la cathode y précipite aussi l'hydrogène du bain, ce qui fait qu'une fraction seulement de ce courant, déjà très petit, est utilisée pour le dépôt du métal; de plus, cette fraction devient toujours plus petite à mesure que la concentration du métal dans le bain diminue. C'est pourquoi la séparation complète de deux quelconques des métaux que nous é umérions plus haut n'a pu être obtenue jusqu'ici par l'applic tion de ce principe.

Arriver à réduire suffisamment la résistance du bain sera d nc, d'après ces considérations, la solution du problème. Effect vement, c'est en réduisant la résistance du bain, que nous

sommes arrivés à rendre *pratique* le principe que nous considérions tout à l'heure comme purement *théorique*. Pour réduire la résistance du bain, nous avons agi sur un des facteurs qui s'oppose le plus au passage du courant, nous voulons dire le dégagement à la cathode et à l'anode des gaz provoqués par le courant. La suppression totale ou partielle de ces gaz nous a conduit à effectuer des séparations électrolytiques irréalisées jusqu'ici.

Cette suppression des gaz, nous l'avons obtenue par trois procédés différents :

1° *Emploi d'une cathode recouverte d'étain, de cadmium ou de plomb.* — Ces métaux, en effet, relèvent la tension de polarisation de l'hydrogène au point d'empêcher, ou au moins de diminuer, le dégagement de ce gaz. Application : Séparation du cadmium et du zinc.

2° *Addition au bain d'une solution saturée de SO^2.* — Ce réducteur se combine, en effet, à l'oxygène anodique.

Application : Séparation du nickel et du zinc en solution ammoniacale.

Cette séparation est d'autant plus intéressante qu'elle se fait très difficilement par la méthode pondérale.

3° *Application de la théorie des piles à la séparation des métaux.* — L'emploi d'une anode *soluble*, avec laquelle il ne saurait y avoir de dégagement d'oxygène, nous a permis de séparer des métaux comme le nickel et le zinc, l'argent et le cuivre.

Dans la séparation du zinc et du nickel, l'anode en zinc amalgamé ZZ, plonge dans une solution de sulfate de magnésium A séparée elle-même par une membrane en parchemin végétal (papier sulfurisé) pp de la solution B de nickel et de zinc où plonge la cathode HH en platine. En reliant celle-ci avec le zinc amalgamé, nous réalisons un élément de pile du type Daniell, fermé sur lui-même, dont le courant suffit pour précipiter sur la cathode tout le nickel à l'état pur. Avec ce dispositif, l'anode en se dissolvant ne se recouvre pas de nickel.

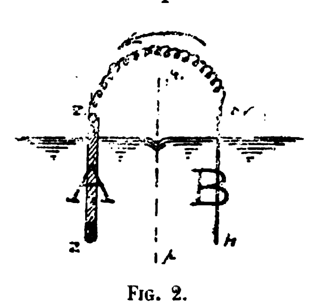


Fig. 2.

Le métal constituant l'anode doit être choisi tel qu'il soit

susceptible de déplacer dans la solution B le métal qu'il s'agit de séparer, et ce métal seulement.

En pratique, nous procédons de la manière suivante :

Le nickel et le zinc, qui sont amenés à l'état de sulfates en solution, sont contenus (*fig. 3*) dans un verre de Bohême cylindrique (capacité, 650 cm³; diamètre, 7 cm). Leur solution doit contenir un excès de 20 cm³ d'ammoniaque à 22 degrés B. et 100 g de sulfate d'ammoniaque sec; elle doit occuper le volume de 250 cm³.

Cette solution est, comme on le voit, bonne conductrice du courant.

Nous y introduisons notre électrode en toile de platine.

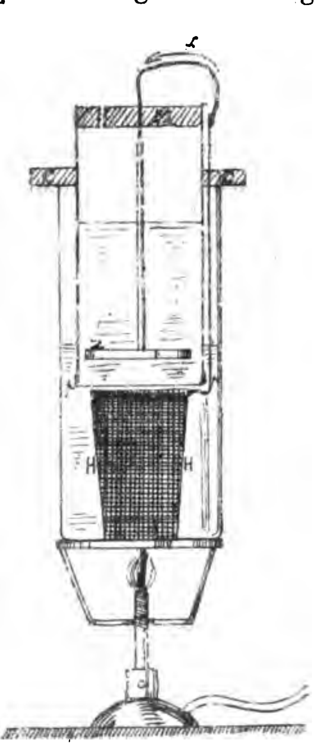


Fig. 3. — Pile à deux liquides.

Un tube cylindrique en verre (diamètre intérieur : 55 mm), fermé à sa base par une membrane de parchemin végétal *pp*, est plongé à l'intérieur du verre de Bohême dans la solution de nickel et de zinc, jusqu'à ce que la membrane soit le plus près possible de l'électrode en toile de platine, sans cependant la toucher. Ce tube constitue le compartiment interne de l'appareil. On y verse, jusqu'à ce que le niveau atteigne dans ce tube la hauteur de 70 mm environ, une solution de sulfate de magnésium à 250 g par litre. C'est la concentration pour laquelle le sulfate de magnésium a son maximum de conductibilité électrique. Le choix du sulfate de magnésium, comme substance conductrice dans le compartiment interne, s'est imposé à nous parce que nous l'avons trouvé sans action chimique sur le zinc. Enfin, on plonge dans cette solution de sulfate de magnésium un disque de zinc amalgamé de 5 cm de diamètre, porté en son centre par une tige de cuivre, isolée sur sa longueur par un tube de caoutchouc, et qui vient se lier, extérieurement au liquide, à la tige de l'électrode en platine.

Le disque de zinc est situé à 15 ou 20 mm au-dessus du parchemin et est percé de quelques trous qui permettent la circulation du liquide situé dans le compartiment interne.

Pendant tout le temps de l'opération, le liquide du compartiment externe est chauffé presque à ébullition (à 95 degrés environ). Au bout de quelques heures, le nickel est complètement déposé sur l'électrode en belle couche métallique très adhérente. L'électrode est alors retirée, lavée à grande eau, puis plongée dix minutes environ dans de l'eau distillée qui parfait le lavage ; enfin on la sèche et on la pèse.

Cette méthode s'applique à des proportions quelconques de nickel et de zinc. D'autre part, le mélange de nickel et de zinc ne doit pas contenir plus de 1 gr de zinc, ni plus de 0,45 g de nickel. Avec des quantités supérieures, on s'exposerait à déposer du zinc en même temps que le nickel.

a) En effet, si la concentration du sulfate de zinc qui accompagne le nickel dans la solution est trop forte, ce sel d'une part, et d'autre part, la solution étendue de sulfate de zinc qui s'est formée dans l'autre compartiment par la dissolution du disque de zinc peuvent constituer une pile de concentration :

$$Zn \mid ZnSO^4 \text{ étendu} \parallel Pt \mid ZnSO^4 \text{ concentré}$$

Zn et Pt représentant les pôles de la pile, c'est-à-dire, d'une part, le disque de zinc et, d'autre part, l'électrode de platine ; et cette pile de concentration peut être assez forte pour augmenter la tension électrique totale du système au point que du zinc puisse se précipiter avec le nickel ;

b) Le sulfate de zinc, formé dans la solution de sulfate de magnésium par la dissolution du zinc, attaque le disque de zinc, surtout à chaud, de là un couple voltaïque qui produit un nouveau surcroît de tension électrique, surcroît que nous avons atténué autant que possible en disposant le compartiment où se trouve le disque de zinc dans la partie la moins chaude de l'appareil. La concentration de ce sulfate de zinc augmente au fur et à mesure que le nickel se dépose, et cette augmentation accroît l'attaque du disque de zinc et par suite la tension du couple voltaïque. Ce phénomène finirait pas provoquer la précipitation du zinc avec le nickel, si cette augmentation ne faisait décroître en même temps la tension de la pile de concentration dont nous avons parlé, si bien qu'on peut déposer jusqu'à 0,45 g de nickel pur, même lorsque la solution de nickel est accompagnée de 1 g de zinc.

c) Enfin, il est un autre phénomène secondaire qui ne se produit pas avec le sulfate de nickel, mais qui peut se produire

pour un certain nombre de sels; aussi convient-il de l'examiner pour que la discussion de la méthode soit complète. Nous voulons parler du transport des sels, au cours de l'électrolyse, de la cathode (ici l'électrode en platine) vers l'anode (ici le métal précipitant).

C'est le phénomène de Hittorf. Il faudra donc chercher, à propos de chaque métal s'il forme un sel non soumis au phénomène de Hittorf et s'il est préférable d'opérer à une température plutôt qu'à une autre, car les variations de concentration autour de la cathode (et autour de l'anode) varient avec la température (1). La méthode ne pourra donc pas s'appliquer à toute une catégorie de sels, ce qui nuit à sa généralité. *Il n'est pas question, en particulier, de l'appliquer au sulfate de cuivre, les ions* $\overset{++}{Cu}$ *passant très rapidement du côté de l'anode.*

Ainsi, en supprimant les gaz aux électrodes, nous avons réussi à réduire considérablement la résistance du bain. La chaleur ainsi que l'addition appropriée des sels dont nous nous sommes servis, a contribué aussi, bien que dans une proportion moins importante, à réduire la résistance du bain.

On sait, en effet, qu'en chauffant le bain on augmente, en général, sa conductibilité ; on a donc intérêt à chauffer le bain toutes les fois que la chaleur ne provoque pas la redissolution du dépôt, ni la décomposition du bain, d'une façon fâcheuse. Il faut également se rappeler que certains électrolytes n'augmentent de conductibilité que jusqu'à une certaine température, au delà de laquelle la conductibilité diminue. C'est ainsi que l'acide phosphorique a son maximum de conductibilité à 74 degrés ; le sulfate de cuivre atteint ce maximum à 96 degrés.

L'addition d'un sel au bain augmente aussi sa conductibilité. C'est du moins ce que l'on admet en général, mais ce qui n'est pas toujours vrai. Nous avons, en effet, mesuré la conductibilité d'un grand nombre de mélanges d'acide sulfurique avec une série de sulfates, en toutes proportions et en toutes concentrations. L'acide sulfurique et les sulfates étaient intéressants à mesurer parce qu'ils nous servent constamment en analyse. L'acide sulfurique est, en effet, un des seuls acides qui n'attaquent pas les électrodes et qui ne se décomposent pas par le courant ; il en est de même des sulfates.

(1) On trouvera des tableaux de ces variations de concentration dans HOLLARD, *Théorie des Ions*, édité chez Gauthier-Villars, Paris.

Voici le résultat de nos mesures :

Si l'on porte en abscisses les concentrations (nombre de grammes par 100 cm³) de SO^4H^2 et en ordonnées les concentrations (nombre de grammes par 100 cm³) d'un sulfate quelconque, et si, au point de rencontre des coordonnées qui indiquent la composition du mélange, on inscrit la conductibilité spécifique (conductivité) de ce mélange, puis qu'on relie par des courbes les points d'égales conductibilités spécifiques, on a une série de courbes d'iso-conductibilités qui présentent l'allure suivante. (Voir *fig. 4, 5, 6* et 7).

A 3 0/0 de SO^4H^2, la conductibilité reste constante, *quelle que soit la quantité de sulfate ajouté* et *quelle que soit la nature de ce sulfate.* Cette constance de la conductibilité se traduit sur nos courbes par une horizontale.

Au-dessous de 3 0/0 de SO^4H^2, les conductibilités augmentent par addition d'un sulfate.

Au-dessus de 3 0/0 de SO^4H^2, les conductibilités diminuent par addition d'un sulfate.

Parmi les sels que nous avons étudiés (sulfates de soude, de magnésie, de zinc, de cuivre, d'ammoniaque), un seul, le sulfate d'ammoniaque (voir *fig. 8*) donne une courbe horizontale (c'est-à-dire une conductibilité constante, quelle que soit la quantité de sulfate ajoutée) pour 8 0/0 de SO^4H^2. Au-dessous de 8 0/0 la conductibilité augmente par addition de SO^4Am^2 ; au-dessus, elle diminue.

Ainsi, on ne pourra augmenter la conductibilité d'une solution d'acide sulfurique, par addition d'un sulfate, que si le bain contient moins de 3 0/0 de SO^4H^2 ; seule l'addition de sulfate d'ammoniaque restera efficace pour des solutions pouvant aller jusqu'à 8 0/0 de SO^4H^2.

Cette diminution de la conductibilité de l'acide sulfurique par addition d'un sulfate tient à la formation d'ions $\overline{SO^4H}$:

$$\underbrace{\overline{\overline{SO^4}}\ \overset{+}{H^2}}_{\text{acide sulfurique}} + \underbrace{\overline{\overline{SO^4}}\ \overset{+}{Na^2}}_{\text{sulfate de sodium}} = 2\ \underbrace{\overline{SO^4H}\ \overset{+}{Na}}_{\text{bisulfate de sodium}}$$

Ainsi l'acide sulfurique, qui est un acide fort, c'est-à-dire un acide presque totalement dissocié en ions $\overline{\overline{SO^4}}$ et $\overset{+}{H}$, passe à l'état de bisulfate de sodium, beaucoup moins dissocié. Le nombre des ions diminuant, la conductibilité, qui est proportionnelle au nombre des ions, diminue également. Pour les solutions éten-

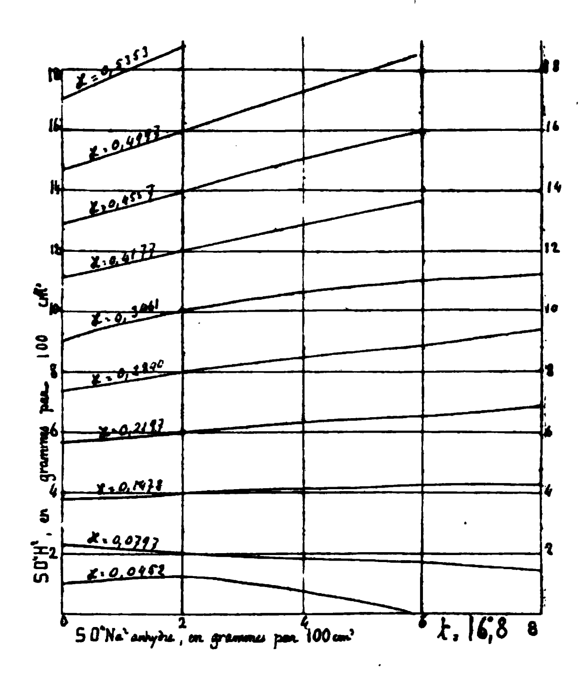

x = 0,5353
x = 0,4983
x = 0,4557
x = 0,4177
x = 0,3661
x = 0,2890
x = 0,2193
x = 0,1478
x = 0,0797
x = 0,0452
SO^4H^2, en grammes par 100 cm³
SO^4Na^2 anhydre, en grammes par 100 cm³
t = 16°,8

Fig. 4.

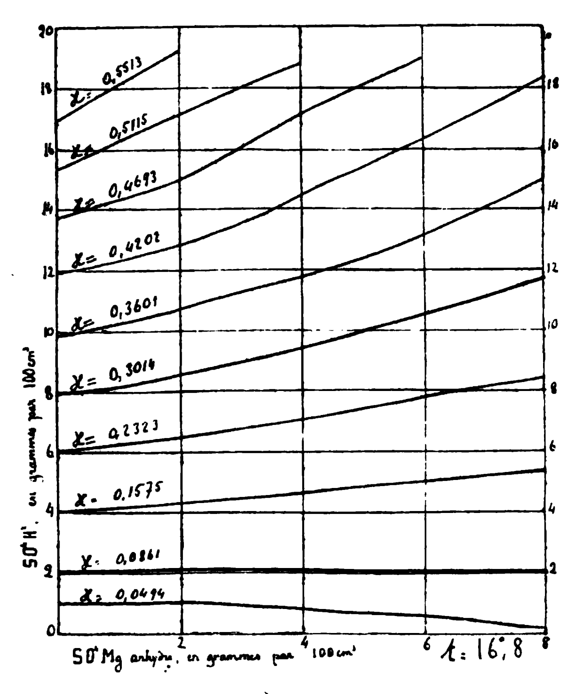

x = 0,5513
x = 0,5115
x = 0,4693
x = 0,4202
x = 0,3601
x = 0,3014
x = 0,2323
x = 0,1575
x = 0,0861
x = 0,0494
SO^4H^2, en grammes par 100 cm³
SO^4Mg anhydre, en grammes par 100 cm³
t = 16°,8

Fig. 5.

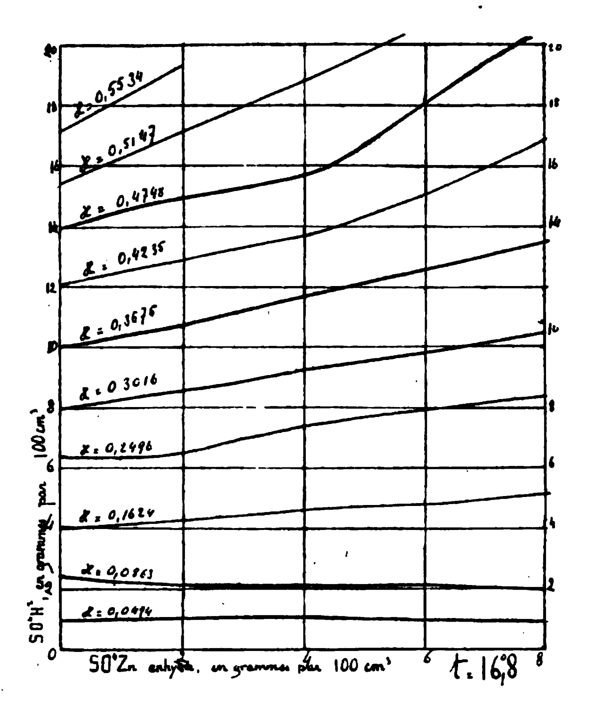

x = 0,5534
x = 0,5147
x = 0,4748
x = 0,4235
x = 0,3676
x = 0,3016
x = 0,2496
x = 0,1624
x = 0,0863
x = 0,0494
SO⁴H², en grammes par 100 cm³
SO⁴Zn anhydre, en grammes par 100 cm³
t = 16°,8

Fig. 6.

Fig. 7.

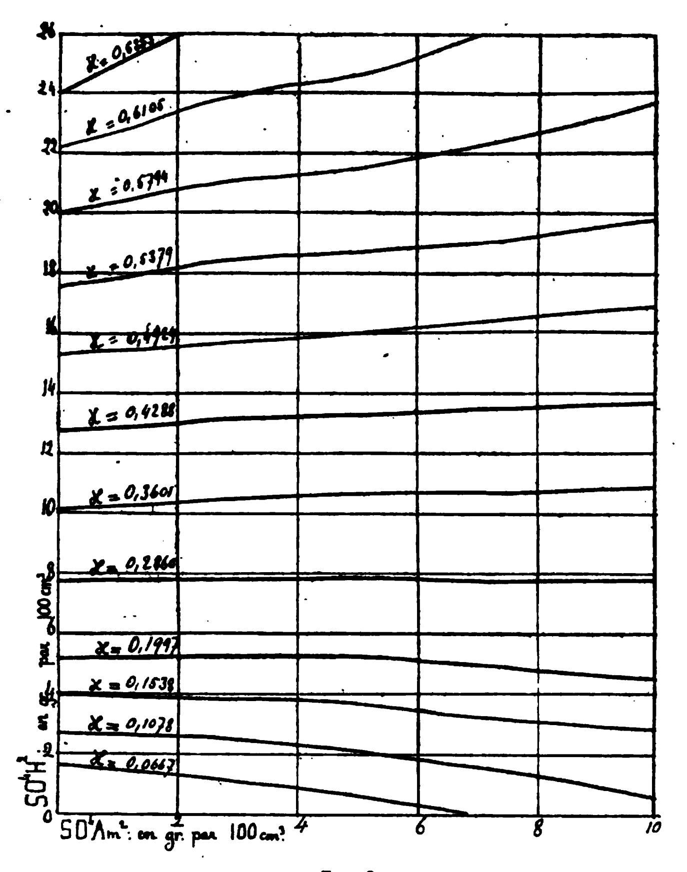


FIG. 8.

dues les ions $\overline{SO^4H}$ se dissocient en ions $\overline{\overline{SO^4}}$ et $\overset{+}{H}$ et redonnent les ions de l'acide sulfurique. Ceci explique pourquoi en solution étendue la conductibilité de l'acide sulfurique augmente par addition d'un sulfate.

Sels complexes.

On peut encore, d'un mélange de plusieurs métaux en solution saline, séparer un seul d'entre eux par le courant en faisant passer les autres métaux — ceux qui doivent rester dans le bain — à l'état de combinaisons *complexes*. Ce sont des combinaisons où les métaux ne sont plus à l'état d'ions et par conséquent ne sont plus susceptibles de se déposer sous l'influence du courant.

Les solutions employées en électrolyse, que ce soient des solutions acides, basiques ou neutres, peuvent contenir le métal à l'état de *sel simple* (sulfate de cuivre, nitrate d'argent, etc.), de *sel double* (sulfate de zinc et d'ammonium, etc.) ou de *sel complexe* (zincate de sodium, arséniate de cuivre, etc.).

Un sel simple a son métal qui se dirige vers la cathode à l'état d'ions.

Un sel double se comporte à l'électrolyse comme un mélange de deux sels simples, c'est-à-dire que les deux métaux se dirigent vers la cathode à l'état d'ions.

Un sel complexe est un sel qui, en solution, se dissocie pour donner, non pas des métal-ions, comme dans les sels simples ou doubles, mais des ions *complexes* où entre le métal.

Exemples :

$$\underbrace{Fe\,(AsO^4)}_{\text{Arséniate de fer}} = \overset{+++}{Fe} + \overline{\overline{\overline{As\,O^4}}}$$

$$\underbrace{(Zn\;O^2)\;K^2}_{\text{Zincate de potassium}} = 2\overset{+}{K} + \overline{\overline{Zn\;O^2}}$$

$$\underbrace{K^2\;[(C^2\;O^4)^2\;Zn]}_{\text{Oxalate complexe de zinc et de potassium}} = 2\overset{+}{K} + \overline{\overline{(C^2\,O^4)^2\,Zn}}$$

$$\underbrace{K^4\;[(C\;N)^6\;Fe]}_{\text{Ferrocyanure de potassium}} = 4\overset{+}{K} + \overline{\overline{\overline{\overline{(C\,N)^6\,Fe}}}}$$

D'après ces formules, le métal de l'anion d'un sel complexe ne pourrait jamais se déposer. Il le peut cependant pour un grand nombre de sels complexes ; cela tient à ce que quelques-unes des formules qui précèdent ne sont pas tout à fait exactes ; elles ne tiennent pas compte de la dissociation *partielle* de l'anion complexe, dissociation qui existe pour un grand nombre de sels complexes.

Il y aura donc lieu de distinguer deux sortes de sels complexes : 1° ceux dont l'anion ne présente aucune dissociation ; pour ceux-là, le métal de l'anion ne se déposera jamais électrolytiquement ; 2° ceux dont l'anion est partiellement dissocié ; pour ceux-là, le métal engagé dans l'anion se déposera directement à la cathode comme pour un sel simple, avec cette grande différence que, *la concentration des ions de ce métal étant toujours très faible, la tension aux électrodes doit être beaucoup plus grande que pour un sel simple.*

Il nous est maintenant facile de nous rendre compte de l'ap-

plication qu'on peut faire des ions complexes en analyse. Étant donnés, en solution, différents métaux qu'il s'agit de séparer, on engagera un ou plusieurs d'entre eux dans des ions complexes afin d'espacer suffisamment les valeurs des tensions de polarisation relatives à chaque métal. Un accroissement graduel de la tension électrique aux électrodes permettra alors de séparer successivement chaque métal. Seuls, les métaux engagés dans des combinaisons *absolument* complexes, c'est-à-dire dans des ions complexes qui ne sont dissociés à aucun degré, resteront en solution, quelle que soit la tension électrique; on les ramènera ensuite à l'état d'ions simples par décomposition chimique de la combinaison complexe, puis on les séparera électrolytiquement dans les conditions ordinaires.

Nous faisons usage des sels complexes pour un grand nombre de séparations.

Voici, par exemple, un cas que nous rencontrons à chaque instant: la séparation électrolytique du cuivre en présence d'As. Ces métaux ont sensiblement la même tension de polarisation; aussi le cuivre se dépose-t-il, accompagné d'arsenic, il est noir et, s'il y a beaucoup d'arsenic, il est spongieux, ne tient pas sur les cathodes.

Nous empêchons l'As de se déposer sur le cuivre en faisant passer l'arsenic à l'état d'ion $\overline{\overline{AsO^4}}$ par addition de sulfate ferrique. C'est le seul oxydant — parmi ceux que nous avons essayés — qui maintienne l'As à l'état d'ion stable $\overline{\overline{AsO^4}}$.

Voici un autre exemple :

L'antimoine se dépose électrolytiquement en solution de sulfhydrate de Na concentré, mais comme il est très souvent accompagné de cuivre, ce cuivre s'est dissous en partie au moins dans le sulfhydrate concentré et le dépôt électrolytique d'antimoine est accompagné de cuivre. L'antimoine est alors noirâtre ou tout au moins brunâtre. Nous avons eu l'idée d'ajouter du cyanure de potassium au bain ; aussitôt, le cuivre passe à l'état de cyanure complexe et l'antimoine se dépose en belle couche grise et pure.

Encore un exemple :

Le nickel et le zinc ne peuvent pas se déposer séparément par l'électrolyse de leurs sels simples, à cause de leurs tensions de polarisation trop rapprochées. Tous les essais que nous avons faits dans ce sens ont échoué (à part les essais dont nous avons parlé plus haut où nous supprimons le dégagement gazeux à l'anode).

Mais si on fait bouillir le mélange des sulfates de nickel et de zinc avec du nitrate d'ammoniaque et de l'acide sulfureux; le zinc ne s'électrolyse plus, même avec une forte tension électrique aux bords des électrodes : il a passé à l'état de sel complexe :

$$Am^2[(NO^2)^2SO^3Zn] \text{ dissociable en ions } 2\overset{+}{Am} \text{ et } \overline{\overline{(NO^2)^2SO^3Zn}}.$$

Le nickel, au contraire, s'électrolyse seul.

Cette séparation du nickel et du zinc est très importante, car ni l'analyse pondérale ni l'analyse volumétrique ne donnent de bonnes méthodes de séparation de ces deux métaux.

Dépôts des métaux à l'état de peroxydes.

Une propriété des métaux très précieuse pour l'analyse électrolytique, c'est la tendance qu'ont certains d'entre eux à se déposer à l'anode à l'état de peroxyde. C'est le cas du cobalt, du nickel, du manganèse, du plomb, du bismuth, de l'argent. C'est aussi le cas de l'antimoine, de l'arsenic et du fer, mais ces trois corps ne forment pas de peroxydes conducteurs et ne peuvent se déposer sur l'anode que s'ils se déposent simultanément avec des peroxydes conducteurs comme ceux de plomb et de manganèse.

Plomb — Dans un grand nombre de laboratoires, on a la fâcheuse habitude de doser simultanément le Cu et le Pb par électrolyse, dans les cuivres industriels et dans les alliages de cuivre. Le métal est dissous, à cet effet, dans de l'acide nitrique et la solution est électrolysée : le cuivre se dépose sur la cathode à l'état métallique, tandis que le plomb se dépose sur l'anode à l'état de peroxyde. Ce procédé est tout à fait inexact quand le plomb se trouve en présence de Bi, d'As, de Sb, d'Ag, de Mn ou de Fe, et il est rare que le plomb ne se trouve pas accompagné d'un de ces éléments. Ces éléments sont entraînés, au moins en partie, avec le plomb; le fer est entraîné avec le plomb, surtout s'il y a en présence du manganèse. On peut entraîner alors des quantités énormes de fer. Aussi quand le plomb se trouve en présence de ces corps, on ne peut le doser à l'état de peroxydes qu'après l'avoir séparé de tous les éléments qu'il est susceptible d'entraîner.

Une autre erreur consiste à admettre que le peroxyde de plomb

déposé correspond à la constitution PbO^2 et qu'il suffit, pour avoir le plomb, de multiplier le poids de peroxyde obtenu par le facteur analytique 0,866, qui représente le rapport $\frac{Pb}{PbO^2}$ des poids moléculaires du plomb et de son bioxyde.

Il résulte, au contraire, de nos essais que le peroxyde de plomb correspond à un poids supérieur à celui qu'indique la constitution PbO^2 ; le facteur analytique $\frac{Pb}{PbO^2}$ correspond donc à un chiffre inférieur à 0,866. Le nouveau facteur, le *vrai* facteur est 0,853.

Le peroxyde de plomb doit être séché à 200 degrés, car lorsqu'on le sèche il ne cesse de diminuer de poids jusqu'à cette température.

Cette différence entre les valeurs 0,866 et 0,853 tient, non pas à la présence de superoxydes, mais à la présence d'eau d'hydratation que la température de 200 degrés n'a pas chassée. En effet, l'analyse du peroxyde de plomb sortant du bain et non chauffé nous a donné la composition PbO^2 (1).

Ce facteur 0,853 reste constant, quelle que soit la quantité de plomb déposée ; il varie cependant de 0,853 à 0,857 entre 1 et 1,5 g de plomb. Il semble donc que, pour des concentrations en plomb supérieures à 1 g, le peroxyde déposé contienne moins d'eau d'hydratation.

Ce facteur 0,853 n'est pas afférent à la forme de nos électrodes, car, en remplaçant la toile de platine par une feuille de platine dépolie, nous avons retrouvé ce facteur, aussi bien en présence de nitrate de cuivre qu'en l'absence de ce sel. Il faut donc admettre que le peroxyde de plomb électrolytique est hydraté, même à la température de 200 degrés.

Si, au lieu d'employer les toiles de platine dépolies par un jet de sable, on emploie ces mêmes toiles recouvertes par l'électrolyse d'une couche de platine, le dépôt de peroxyde de plomb accuse à l'analyse la présence de superoxydes dont la proportion croît avec la dilution du bain en plomb. En chauffant à 200 degrés, ces superoxydes disparaissent au moins en partie, mais il reste des hydrates qui donnent au facteur analytique des valeurs diffé-

(1) La méthode d'analyse a consisté à plonger la toile recouverte de peroxyde dans de l'acide nitrique étendu contenant une quantité connue d'acide oxalique, puis à doser par le permanganate l'acide oxalique non décomposé par le peroxyde. C'est la méthode de F. Lux.

rentes, suivant la concentration du bain en plomb. Ces valeurs, toutes inférieures à 0,866, se rapprochent d'autant plus de ce facteur que la concentration du plomb est plus forte.

Le peroxyde de plomb déposé sur platine platiné a donc des propriétés chimiques spéciales; il a aussi des propriétés physiques spéciales: c'est ainsi qu'il forme des couches tellement compactes de peroxyde qu'on peut en déposer des quantités indéfinies sur l'anode. Nous utilisons cette précieuse propriété pour l'analyse du plomb industriel. Après l'attaque et la dissolution de ce Pb dans NO^3H, on en dépose — à l'état de peroxyde — 10 g sur une tôle de platine platiné. La solution, ainsi privée de plomb, contient un certain nombre des impuretés du métal qui sont faciles à déterminer étant donnée la grande quantité de plomb à laquelle elles correspondent.

Séparation des métaux les uns d'avec les autres.

Une séparation de plusieurs métaux par des procédés purement électrolytiques comprendra une ou plusieurs des opérations suivantes :

1° L'addition à leur solution d'un acide fort qui permettra une première scission de métaux en deux divisions (et même en plusieurs divisions si l'on fait usage de cathodes constituées par différents métaux);

2° La formation, dans chacune de ces divisions, d'ions complexes en vue d'espacer suffisamment les valeurs des tensions de polarisation relatives à chaque métal;

3° La suppression des gaz aux électrodes (par l'un des procédés indiqués précédemment 7);

4° La séparation successive des métaux à la cathode par accroissement graduel de la tension de polarisation;

5° En dehors de ces opérations, on utilisera la propriété que possèdent un grand nombre de métaux (cobalt, nickel, manganèse, plomb, bismuth, argent, etc.) de pouvoir, dans certaines conditions, se déposer à l'état de peroxydes sur l'anode.

Nous ajouterons qu'il est assez rare qu'on puisse effectuer la séparation d'un grand nombre de métaux les uns d'avec les autres exclusivement par les procédés électrolytiques; on s'aide généralement des procédés gravimétriques (précipitation par H^2S, etc.).

Voilà le résultat de quelques-unes de nos recherches. Ces résultats n'ont été obtenus qu'à la suite d'un très grand nombre de tâtonnements et d'expériences qui ont exigé du temps et des dépenses. La direction de la Compagnie française des Métaux a très bien compris que c'était là le seul moyen d'arriver à des résultats sûrs, ainsi qu'à des méthodes précises et rapides. Qu'il me soit permis de lui rendre ici un témoignage de reconnaissance, en particulier dans la personne de son distingué président, M. Vésier.

CHRONIQUE

N° 319.

Sommaire. — La condensation par surface de la vapeur. — Application du moteur Diesel à la navigation. — Principe d'une nouvelle machine solaire. — Détermination de l'humidité des murs des bâtiments. — Les câbles sous-marins allemands. — Méthode électrolytique par la récupération de l'étain.

La condensation par surface de la vapeur. — Le professeur R. L. Weighton a présenté récemment à l'Institution of Naval Architects une communication sur la condensation par surface, tendant à montrer comment l'efficacité des appareils destinés à la réaliser peut être augmentée dans une large mesure. L'importance de la question nous engage à donner ici un résumé de ce travail d'après l'*Engineering Magazine*. On sait que le condenseur à surface n'est plus employé seulement dans les machines marines, mais qu'on le rencontre fréquemment dans les machines fixes, notamment dans les installations de condensation centrale.

L'auteur de la communication prend pour point de départ des expériences qu'il a faites dans le laboratoire de l'Armstrong College, à Newcastle-on-Tyne. Ce laboratoire possède une machine à vapeur verticale à quadruple expansion avec condenseur à surface et pompe à air faisant corps avec la machine. Les cylindres avaient respectivement : 0,178, 0,267, 0,394 et 0,584 m de diamètre et 0,457 m de course; la pression de la vapeur était de 14 kg, et il y avait une légère surchauffe de 27 à 28 degrés à l'entrée de la vapeur au premier cylindre. Le condenseur avait des tubes de 20 mm de diamètre et 1,22 m de longueur, la surface totale de condensation était de 15,80 m^2, l'eau de refroidissement circulait deux fois dans le faisceau, donnant par conséquent une longueur équivalente de tubes de 2,44 m. Pour les expériences, on a placé près de la machine des condenseurs d'un nouveau type, et on a établi entre eux les connexions nécessaires. La particularité principale est que l'eau de refroidissement passe plusieurs fois à travers les tubes disposés en quatre ou cinq groupes, ce qui donne une longueur équivalente de tubes bien plus grande; d'autre part, on a disposé le condenseur de manière que l'eau condensée s'évacue par portions des différentes parties du condenseur, au lieu de se réunir en une seule masse au fond de celui-ci. On obtient ce résultat en divisant le corps du condenseur en plusieurs compartiments, par des diaphragmes inclinés sur l'horizontale qui dirigent l'eau vers les parois latérales, en évitant qu'elle tombe verticalement des tubes supérieurs sur les tubes inférieurs.

On comprendra l'importance de cette disposition si on considère que, dans les condenseurs ordinaires, la condensation de la vapeur s'effectue en grande partie dans le haut du condenseur où elle rencontre d'abord

les tubes relativement froids; il y a avantage à recueillir cette eau immédiatement sans la laisser tomber sur les autres tubes. On a également eu soin, dans ces nouveaux condenseurs, de réduire la capacité de la partie supérieure en ne laissant que le passage nécessaire pour laisser la vapeur arriver en contact avec les tubes en donnant aux parois la forme convenable pour assurer une égale répartition de la vapeur sur les surfaces de refroidissement.

Le premier des nouveaux condenseurs, au nombre de trois, avait une surface de refroidissement égale à celle du condenseur de la machine, soit 15,80 m²; on reconnut immédiatement que cette surface était beaucoup plus que suffisante avec les nouvelles dispositions; on donna donc au second condenseur seulement 9,3 m² de surface; et comme la quantité de vapeur fournie par la machine était condensée avec la plus grande facilité, on donna au troisième condenseur une surface encore moindre 5,80 m², les tubes n'ayant plus que 0,76 m de longueur et l'eau les parcourant quatre fois. Cette surface se montra très suffisante.

Il a été fait par l'auteur près de 400 essais et on peut résumer de la manière suivante les résultats généraux donnés par les deux systèmes de condenseurs. L'ancien modèle ayant une capacité de 504 d³ et une surface de refroidissement de 15,80 m² a permis de maintenir un vide de 0,711 m de mercure avec une dépense d'eau de 43 l par kilogramme de vapeur, la condensation s'effectuant à raison de 48,7 kg par mètre carré de surface et par heure. Avec le nouveau modèle, ayant 9,3 m² de surface de refroidissement et une capacité de 269 d³, c'est-à-dire un peu plus de la moitié du premier, il n'a fallu que 24 l d'eau par kilogramme de vapeur, et on a obtenu 97,4 kg par mètre carré de surface et par heure. L'effet utile de la surface de refroidissement a donc été doublé tandis que la quantité d'eau nécessaire pour la condensation était réduite à 56 0/0 de la quantité primitive.

Avec le plus petit des trois condenseurs, la condensation s'est parfaitement effectuée, mais il a fallu une proportion d'eau un peu plus grande, 32 l par kilogramme de vapeur; le rendement de l'appareil a été plus élevé, car on a condensé 130 kg de vapeur par mètre carré et par heure, et l'emplacement occupé par le condenseur n'était que de 0,170 m³ soit un tiers du volume du condenseur de la machine; il y a là un point d'une sérieuse importance.

La machine dépensait en moyenne 5,45 kg de vapeur par cheval indiqué; si on établit la comparaison des divers condenseurs sur cette base, on trouve que le condenseur primitif avait 11,2 d² de surface par cheval alors que des condenseurs perfectionnés, le plus grand n'avait que 5,6 et le plus petit que 3,3, soit les rapports suivants 100, 51 et 29.

L'efficacité de la surface est la base de l'efficacité d'un condenseur de ce genre, et on peut dire que le meilleur condenseur est celui dans lequel chaque mètre carré de surface de refroidissement fait passer de la vapeur à l'eau la plus grande quantité de calories dans le même temps et dans les mêmes conditions de pression par la vapeur et de température pour l'eau. Ce condenseur devra, non seulement marquer le vide le plus élevé, mais encore le maintenir avec le moins d'eau possible, la plus petite surface et le moindre volume d'appareil. On peut ajouter et avec

la plus haute température de l'eau provenant de la condensation, toutes choses égales d'ailleurs.

Pour qu'une surface de condensation soit efficace, il faut que la vapeur y ait un libre accès d'un côté et que l'eau puisse accéder facilement sur l'autre face et s'y renouveler. Or, cet effet ne peut se produire si le côté en contact avec la vapeur n'est pas débarrassé continuellement de l'eau qui s'y condense, ou si la vapeur ne peut y accéder facilement. Il ne se produira pas non plus si l'eau de refroidissement traverse les tubes en filets continus dont la périphérie seule touche le métal, tandis que les parties au centre n'ont aucune action réfrigérante. Il n'est pas étonnant qu'avec les précautions indiquées, on arrive à accroître considérablement l'effet utile du condenseur, qu'on obtienne une température plus élevée pour l'eau d'alimentation et une réduction très importante dans le volume d'eau nécessaire.

Pour amener l'eau réfrigérante en contact intime avec les surfaces des tubes, le professeur Weighton introduit dans chaque tube une tige en bois à section triangulaire qui force l'eau à passer contre la surface du tube et supprime la partie centrale qui ne joue aucun rôle actif; on réduit ainsi notablement la quantité d'eau sans réduire en rien l'action réfrigérante. L'économie d'eau est un point d'une grande importance. D'abord, à terre par exemple, il y a des cas où il faut l'acheter. Ensuite il faut la faire circuler, ce qui emploie du travail. Enfin, si on n'a pas une source d'eau indéfinie, il faut la refroidir et alors le plus ou moins d'efficacité du condenseur présente un double intérêt. Non seulement il y aura un moindre volume d'eau à traiter, mais la différence de température entre l'eau chaude et l'atmosphère sera plus élevée et alors l'action des tours de refroidissement sera plus efficace et le volume de ces appareils pourra être réduit à puissance égale.

La réduction de la surface des condenseurs n'est pas moins importante. La suppression de la chambre de vapeur dans le nouveau modèle réduit le volume de l'appareil à surface égale et la réduction de la surface s'y ajoutant, on arrive à diminuer dans une très large mesure le poids et l'encombrement des appareils de condensation. Ces considérations rendent ce modèle particulièrement intéressant pour la marine et surtout pour les navires de guerre où les poids et volume disponibles sont très limités.

L'auteur a aussi envisagé la question de l'efficacité des pompes à air et des proportions à leur donner. On peut dire d'une manière générale qu'avec des faisceaux tubulaires suffisamment étanches, une capacité de pompe à air de 44 d^3 par kilogramme de vapeur condensée est très suffisante; s'il en est autrement et que le condenseur soit sujet à des rentrées d'air on devra augmenter les proportions de la pompe à air pour maintenir un bon vide. Il ne semble pas qu'on ait obtenu aucun avantage réel de l'emploi de pompes à air à double effet.

Voici comment l'auteur formule les conclusions à tirer de ces expériences au point de vue des moyens à employer pour obtenir le maximum d'effet utile des condenseurs à surface :

1° Une condition très importante pour tirer le meilleur rendement de la surface de condensation est que l'eau formée par la condensation de

la vapeur soit évacuée du condenseur dans le moindre délai possible;

2° La capacité du condenseur doit être réduite au minimum compatible avec une surface de refroidissement suffisante et la disposition employée doit permettre à la vapeur d'arriver également et d'une manière uniforme dans toute la section du condenseur, pour utiliser la totalité de la surface des tubes, et supprimer les angles et autres parties où de l'air peut rester confiné;

3° L'eau de condensation doit circuler dans les tubes à une vitesse assez élevée, elle doit entrer par le bas du condenseur et sortir par la partie supérieure;

4° Avec une disposition convenable et de bonnes proportions des appareils, la température de l'eau de condensation à la sortie, doit être égale ou même légèrement supérieure à la température correspondant au vide obtenu, lequel doit être d'au moins 0,737 m de mercure;

5° Dans les mêmes conditions, la température de l'eau dans la bâche sera de 2 à 3 degrés centigrades supérieure à la température correspondant au vide. Ce fait qui peut sembler paradoxal à première vue, tient à ce que l'eau de condensation est extraite du condenseur, non d'un seul coup mais en plusieurs portions qui sont à des températures un peu différentes;

6° Les proportions de capacité de pompes à air indiquées plus haut sont très suffisantes pour des vides allant jusqu'à 0,737 m de mercure. Si on voulait aller au delà, ou si les faisceaux tubulaires n'étaient pas assez étanches, on devrait augmenter ces proportions;

7° Avec des condenseurs bien disposés et de bonnes proportions, on pourra obtenir une condensation de tout près de 100 kg de vapeur par mètre carré de surface et par heure, avec un vide de 0,725 m de mercure et un volume de 24 l d'eau par kilogramme de vapeur, la température de l'eau de condensation étant supposée de 10 degrés centigrades:

8° Avec les mêmes conditions pour les appareils, on pourra obtenir une condensation de 175 kg de vapeur par mètre carré de surface et par heure avec un vide de 0,725 en portant la quantité d'eau à 28 fois le poids de vapeur à condenser, cette eau étant supposée à la température de 10 degrés centigrade.

A l'occasion du mémoire du professeur Weighton, il nous parait intéressant de signaler une communication faite au Victorian Institute of Engineers, par M. J. A. Smith sur l'influence sur le rendement des condenseurs à surface de très petites quantités d'air mélangées à la vapeur. Il résulterait de cette communication que des proportions d'air qu'on serait porté à croire insignifiantes peuvent compromettre sérieusement l'effet utile de toute une installation. Ainsi, de l'air n'ayant à 30 degrés centigrades qu'une pression de 1,5 mm de mercure réduit la transmission de la chaleur à travers les tubes de 25 0/0 et de l'air à la pression de 5 mm de 50 0/0.

L'auteur conclut que : 1° il faut exclure l'air de la manière la plus rigoureuse, si on veut obtenir des vides très élevés; 2° pour ce genre de vides, les conditions climatériques ont une grande influence et limitent l'effet utile des condenseurs; 3° ce n'est qu'avec des soins particuliers dans l'établissement des condenseurs et des proportions convenables de

ces appareils qu'on peut pousser la détente de la vapeur à ses extrêmes limites. Ces considérations paraissent avoir une grande importance surtout pour les turbines à vapeur qui ne donnent les meilleurs résultats possibles qu'avec de très bons vides.

Application du moteur Diesel à la navigation. — Le moteur bien connu, dû à notre collègue, M. R. Diesel, a déjà reçu quelques applications à la navigation. Le *Bulletin technique de la Suisse Romande* en décrit une toute récente que nous allons faire connaître.

Nous avons publié une note très complète sur le moteur Diesel dans les Chroniques de novembre, page 734, et décembre 1897, page 933, nous croyons donc inutile de revenir sur ses dispositions ; il suffit de rappeler que c'est un moteur à quatre temps qui comprime de l'air pur à haute pression, air dans lequel on introduit le combustible liquide progressivement dans le cylindre pendant la première période du troisième temps. Ce combustible s'enflamme au fur et à mesure de son admission en entrant en contact avec l'air fortement surchauffé pendant la compression préalable.

M. Diesel avait cru à l'origine pouvoir employer comme combustible de la poussière de charbon, on a fait des essais dans ce but, mais on semble y avoir définitivement renoncé et actuellement le moteur Diesel est essentiellement à huiles lourdes. On se sert de *masout* (résidu de pétrole) qui a un pouvoir calorifique de 10 000 calories et, suivant les indications de MM. Sulzer frères, on en brûle dans les grands moteurs 0,185 kg par cheval-heure en marche normale. La consommation de calories s'élève donc à 1 850 par cheval-heure et le rendement économique s'élève ainsi à 34,5 0/0. Ces chiffres correspondent à un service normal et non à des essais faits dans des conditions spéciales. Ajoutons que, dans le moteur dont nous nous occupons, la quantité de combustible employé décroît à peu près proportionnellement avec la puissance demandée au moteur, du moins jusqu'à 50 0/0 de la charge normale et qu'en outre ce moteur peut employer un combustible dont le prix est bien inférieur à celui de tous les autres combustibles liquides.

L'application qui fait le sujet de cette note se rencontre sur un bateau pour transport de marchandises faisant partie de la flotte de la *Compagnie générale de navigation sur le lac Léman*.

Ce bateau, la *Venoge*, a une longueur de 35 m entre perpendiculaires, une largeur de 6 m et un creux de 2,50 m ; son chargement maximum est de 125 t. Il est mû par une hélice actionnée par un moteur Diesel du type de 40 ch construit par MM. Sulzer frères, à Winterthur. Ce moteur a deux cylindres verticaux commandant directement un arbre à deux coudes placé à la partie inférieure comme dans les machines à vapeur à pilon.

La partie intéressante de l'installation consiste dans la disposition permettant le changement du sens de la marche ; le problème de la reversibilité des moteurs à combustion progressive ou instantanée n'a été jusqu'ici résolu que par un moteur Diesel à deux temps que MM. Sulzer frères viennent d'envoyer à l'Exposition de Milan et qui

doit après être installé sur un bateau de la Compagnie générale de navigation.

Faute de moteurs reversibles, on a donc été obligé jusqu'ici d'employer des mécanismes permettant l'inversion du sens de rotation de l'hélice sans arrêt du moteur. Ainsi on a employé des hélices reversibles dont les ailes peuvent être obliquées de manière à mettre le pas à droite ou à gauche, ou des combinaisons d'engrenages et d'embrayages pour obtenir le renversement de marche de l'arbre de propulsion. Ces mécanismes n'ayant pas paru présenter une sécurité suffisante, on a préféré employer pour la *Venoge* un changement de marche électrique, plus coûteux mais plus sûr, d'après le système Del Proposto. Voici la disposition de ce changement de marche.

Le moteur actionne directement une génératrice avec son excitatrice placée sur le même arbre. L'arbre de l'hélice porte un moteur électrique et peut être accouplé à l'arbre du moteur Diesel par un accouplement magnétique. Dans ce gas la génératrice et le moteur électrique tournent à vide et l'excitatrice fournit le courant nécessaire pour maintenir l'accouplement, l'hélice tourne *en avant*.

Pour faire des manœuvres, on débraye les cônes; la génératrice produit alors du courant qui alimente le moteur électrique à volonté *en avant* ou *en arrière*.

Pour faire marcher le bateau en avant en marche normale, il suffit d'attendre que les groupes générateur et moteur aient la même vitesse, puis de pousser à fond le levier de mise en marche pour que les cônes s'embrayent, tandis que les génératrices et le moteur se trouvent désexcités. Le moteur Diesel commande donc directement l'hélice.

Toutes les opérations se font au moyen d'un appareil de mise en marche électrique commandé par un levier et placé sous la main du timonnier. Quand le bateau est arrêté, la génératrice alimente le treuil électrique des deux grues de chargement du bateau.

Le moteur Diesel du type de 40 ch a donné aux essais 48 ch effectifs.

L'installation électrique destinée uniquement aux manœuvres a été construite pour fournir normalement 20 ch, puissance qui peut être portée momentanément à 40 ch; on peut ainsi faire les manœuvres dans de bonnes conditions.

La vitesse du bateau est de 14 km à l'heure lège et de 12 environ en pleine charge. La consommation de masout s'élève à 10 kg par heure.

Mis en service à la fin de 1905, ce bateau a toujours fonctionné depuis en donnant toute satisfaction.

Principe d'une nouvelle machine solaire. — Toutes les machines thermiques utilisent l'énergie du soleil emmagasinée dans les masses de combustibles solides ou liquides enfouies dans les entrailles de la terre ou, dans une bien moindre mesure, employée à la production actuelle des végétaux; quant à l'utilisation directe de la chaleur solaire à la production de la force motrice, malgré les propositions et même les essais tentés, on n'a pas obtenu jusqu'ici de résultats pratiques.

Les moteurs thermiques utilisent une différence de température qui produit un écoulement de la chaleur comme, dans les moteurs hydrauliques, la différence de niveau des deux biefs produit une chute. Pour produire cette différence de température, on élève la température du corps servant d'intermédiaire au-dessus de la température normale au moyen d'une source de chaleur empruntée généralement à un combustible. On pourrait théoriquement procéder inversement, c'est-à-dire abaisser la température du corps agissant au-dessous de celle de la normale. Si on prend, par exemple, un corps intermédiaire liquide ou gazeux qui est normalement à 20 degrés, on aura une différence de température de 25 degrés par exemple aussi bien en abaissant la température à — 5 degrés qu'en l'élevant à 45. Dans ces limites, bien entendu, on ne saurait attendre de résultats pratiques, mais le principe n'en est pas moins admissible théoriquement.

Nous trouvons dans le *Bulletin scientifique de l'Association des Élèves des Ecoles spéciales de l'Université de Liège* une étude très intéressante due à M. Huntziger, élève d'une de ces écoles, étude intitulée : « Exposé du principe d'une machine solaire rationnelle » et dans laquelle l'auteur, partant du principe de la recherche d'une source froide aussi économique que possible, se propose d'avoir recours au soleil pour l'obtenir. Il n'y a rien de paradoxal là dedans, on sait, en effet, que pour produire du froid, il faut de l'énergie et que c'est la *chaleur* développée dans le foyer du moteur d'un appareil frigorifique qui produit finalement le *froid* par une série de transformations successives de l'énergie.

Pour utiliser la chaleur solaire à la production d'un abaissement de température, M. Huntziker a recours à une réaction thermo-chimique et choisit celle qui consiste dans l'emploi de l'eau et du nitrate d'ammoniaque qui, mélangés ensemble à poids égaux, donnent une solution dont la température est très inférieure à la température initiale des constituants ; si ceux-ci sont à + 10 degrés centigrades, la température s'abaissera à — 16 degrés, on aura donc une chute de 26 degrés. L'intervention de la chaleur solaire consiste à évaporer la dissolution après qu'elle a produit son effet refroidissant ; on obtient des cristaux de nitrate d'ammoniaque qui pourront servir de nouveau à la réfrigération du condenseur de la machine et ainsi de suite, indéfiniment.

Voici comment l'auteur indique les bases d'un moteur fonctionnant d'après ce principe. Supposons que la température atmosphérique soit de 20 degrés centigrades et qu'on emploie comme fluide évoluant la vapeur d'ammoniaque, on pourra avoir au générateur une tension de 639 cm de mercure et au condenseur maintenu à — 5 degrés, une de 262 cm, soit une différence correspondant à une pression effective de 5,12 kg par centimètre carré.

Avec cette pression, la machine motrice n'aurait pas de dimensions exagérées, mais ce qui est plus intéressant à déterminer, ce sont les conditions de la surface d'évaporation nécessaire pour alimenter une installation de force motrice. Par une série de considérations que nous ne reproduirons pas, l'auteur, en admettant que le système thermique réalise un cycle de Carnot, arrive à trouver que, pour la production d'un cheval-heure, il faut enlever au condenseur 6 835 calories. Or on

a vu que le mélange de 1 kg de nitrate d'ammoniaque et de 1 kg d'eau permet d'obtenir une chute de température de 25 degrés, si on admet pour ce mélange une chaleur spécifique voisine de l'unité, on trouve que les 2 kg de solution peuvent absorber 50 calories, il faudra donc, par cheval-heure, 137 kg de nitrate d'ammoniaque.

Supposons encore que la machine doive marcher 8 heures par jour et constamment à pleine charge. L'évaporation de la solution de nitrate d'ammoniaque s'accomplit continuellement, mais, si on ne considère que le temps pendant lequel elle possède son intensité normale, on sera conduit à admettre une durée de 16 heures par jour, double de celle pendant laquelle la machine fonctionne ; on aura donc à évaporer 68,5 kg de nitrate d'ammoniaque par cheval-heure pour alimenter indéfiniment la machine.

On sait que 1 m^2 de surface du sol exposé aux rayons solaires reçoit normalement 25 calories par minute, soit 1 500 par heure et, comme la chaleur latente de vaporisation de l'eau est voisine de 600 calories à 20 degrés, il faudra évaporer $\frac{1\,500}{600} = 2,5$ kg d'eau par mètre carré, et la surface nécessaire pour un cheval sera de $\frac{68,5}{2,5} = 27,4$ m^2.

Ce dernier résultat est trop faible parce que le cycle de Carnot n'est pas réalisable. En supposant que les opérations suivent sensiblement l'allure des transformations du cycle de Rankine et avec un rendement organique de 90 0/0, on arrive à modifier les calculs précédents et on est amené à admettre une surface d'évaporation de 3 917, soit 40 m^2 par cheval.

Pour une installation de 1 000 ch il faudrait donc disposer d'un champ d'opération de 40 000 m^2 correspondant à 200 m de côté. On n'a tenu compte dans ce qui précède, ni du vent, ni de la chaleur que peut céder par conductibilité le sol à l'eau qu'on déverse à sa surface, toutes circonstances de nature à favoriser l'évaporation.

L'auteur fait remarquer que les opérations qu'on effectuerait dans une installation de force motrice basée sur ce principe sont absolument l'inverse de celles que l'on exécute dans une usine mue par la vapeur. Dans cette dernière, on se préoccupe avant tout de l'entretien de la source chaude, en brûlant dans le foyer des chaudières un combustible coûteux qui s'en va en fumée sans possibilité de récupération industrielle du carbone et de l'hydrogène renfermés dans les gaz qui s'échappent des cheminées. Au contraire, dans la machine solaire, l'entretien de la source chaude ne coûterait pas plus que celle de la source froide d'une machine à vapeur à condensation, ce qui est tout à fait insignifiant. On peut concevoir cette partie de l'appareil comme analogue à un condenseur à surface ordinaire dans le faisceau tubulaire duquel le gaz liquéfié, injecté par une pompe qui l'extrairait de la source froide, serait porté à la température de l'air ambiant par une circulation d'eau à cette température.

En revanche, dans cette machine, c'est la source froide qui est la partie importante, on devra l'alimenter constamment de la solution de nitrate d'ammoniaque, comme on fournit du combustible et de l'air au

foyer d'une machine à vapeur, mais, comme on l'a déjà fait remarquer, le nitrate d'ammoniaque, après avoir produit son effet utile, pourra être récupéré complètement, tandis que le combustible brûlé dans le foyer d'une chaudière est entièrement perdu.

Quelque opinion qu'on puisse avoir sur les chances de réussite pratique d'un appareil fondé sur ces idées, il nous a paru utile d'en faire connaître le principe. Il est bon de signaler cette remarque de l'auteur que ce système ne nécessite pas, pour son application, le climat des pays chauds proprement dits ; il suffit que, sous l'action des rayons solaires, de la chaleur atmosphérique et du vent, l'évaporation de la solution ammoniacale puisse s'effectuer assez rapidement pour alimenter constamment le condenseur. Cette condition est largement réalisée partout où on peut établir des marais salants dans des conditions de rendement suffisant. Si on considère que l'eau de mer contient moins de 4 0/0 de sels en dissolution alors que la dissolution ammoniacale en contient 50 0/0, on voit qu'à volume égal, cette dernière s'évaporerait beaucoup plus facilement.

Détermination de l'humidité des murs des bâtiments. La détermination de l'humidité des murs des habitations présente de grandes difficultés et donne lieu à des incertitudes, et on peut dire que nous ne possédons pas encore de méthodes qui conduisent à des résultats présentant une certitude suffisante.

Le docteur Pasquale Maione, de l'Institut d'Hygiène de l'Université de Rome, a publié dans le *Giornale della R. Societa italiana di Igiene* un article dans lequel il discute les méthodes employées jusqu'ici et expose un procédé nouveau qu'il paraît intéressant de faire connaître.

Les méthodes proposées peuvent toutes entrer dans deux grandes classes : les méthodes empiriques et les méthodes scientifiques; les premières sont pour ainsi dire qualitatives, elles permettent de constater la présence de l'humidité; les secondes que nous appellerions quantitatives, permettent d'en mesurer l'importance.

On peut ranger dans les premières l'observation des taches sur les murs, la sensation malodorante de l'air confiné dans des pièces fermées, la présence de moisissure, le son qu'on perçoit quand on frappe les murs avec un objet métallique, etc.

A la seconde catégorie appartiennent les méthodes par lesquelles on évalue la proportion d'humidité de l'air contenu dans une pièce, ou celle de l'air qui traverse les murs ou enfin la quantité d'eau contenue dans un échantillon de la maçonnerie qui forme ces murs.

La détermination de l'humidité de l'air contenu dans une pièce par les divers procédés employant des hygromètres, des psicomètres ou des vaporimètres ne donne pas de résultats bien précis, parce que l'état hygrométrique de l'air confiné ne dépend pas seulement de la quantité d'eau qui peut provenir des murs, mais aussi et surtout de l'humidité de l'air extérieur, de la température, de la ventilation, etc.

On obtient de meilleurs résultats en mesurant le degré d'humidité de l'air aspiré à trevers les murs en faisant usage de l'appareil de Beer ou de celui de Fortunato, dans lequel la proportion d'eau se détermine avec

du papier au chlorure de cobalt. Mais le meilleur procédé consiste à déterminer directement l'humidité des murs. On y arrive de plusieurs manières.

Tursini utilise à cet effet l'élévation de température qui se produit lorsqu'on mélange l'échantillon de maçonnerie du mur avec de l'acide sulfurique de densité connue; mais il ne tient pas compte de l'erreur qu'amène la transformation du carbonate de chaux en sulfate, erreur qui fait que les résultats obtenus sont seulement approximatifs.

Mark et de Rossi (1) se basent sur l'action déshydratante de l'alcool absolu et mesurent avec un aréomètre la densité de l'alcool après l'immersion de l'échantillon de maçonnerie, ce qui permet de connaître la proportion d'eau contenue dans cet échantillon.

Mais la plus précise de toutes les méthodes paraît être celle de Glässgen, qui peut aussi servir de contrôle pour les autres et qui paraît devoir les remplacer toutes. Cette méthode consiste à composer l'eau contenue dans l'échantillon à une température déterminée, et à constater la diminution de poids de cet échantillon. Lehmann et Nussbaum, puis ensuite Casagrandi, ont modifié l'appareil primitif de Glässgen.

Malgré l'emploi de ces diverses méthodes et par suite de la précision très variable qu'elle donne, on n'a pas encore pu jusqu'ici se mettre d'accord sur les limites à fixer pour le degré d'humidité, soit de l'air contenu dans les pièces, soit des murs eux-mêmes. Toutefois, on ne doit pas attribuer aux procédés d'essais, seuls les différences dont nous venons de parler; elles tiennent aussi aux conditions dans lesquelles sont faits ces essais et à l'état dans lequel se trouve l'eau dans les murs et dans les matériaux de construction. Ainsi on peut admettre avec quelque raison que l'eau qui y est contenue peut exister à deux états différents : soit comme eau hygroscopique ou d'imbibition, soit comme eau en combinaison. On comprend, dès lors, que l'eau hygroscopique, contenue dans un mur, augmente ou diminue de proportion suivant les variations de l'humidité de l'air auquel les maçonneries peuvent prendre de l'air ou lui en rendre. L'eau de combinaison est, au contraire, en proportion constante et ne se dégage qu'à une température plus élevée que celle de l'air, même dans les climats les plus chauds, et à laquelle la combinaison se détruit.

La dessiccation des échantillons de maçonnerie à la température de 100 à 110°, comme elle se pratique actuellement dans les essais, enlève non seulement l'eau hygroscopique, mais aussi l'eau de combinaison et les résultats se trouvent entachés d'une erreur d'importance variable, amenée par la présence de cette eau dont on n'a pas à tenir compte lorsqu'il s'agit de savoir si ce logement, par exemple, offre des conditions de salubrité suffisantes.

La méthode de Rallner pour déterminer la proportion d'eau contenue dans les murs, basée sur la dessiccation par l'acide phosphorique anhydre, a été à tort considérée comme peu exacte et accueillie avec défiance.

Aucun corps n'est, pourtant, plus propre que cette substance à absor-

(1) Nous avons donné quelques détails sur ces méthodes dans la Chronique de mai 1901, p. 777.

ber, à la température ordinaire, l'eau d'imbibition sans toucher en rien à l'eau en combinaison. La seule objection qu'on peut lui faire, est le temps assez long que demande cette méthode, car il faut plusieurs jours pour faire une détermination d'humidité.

Dans ces conditions, il était necessaire de chercher un procédé qui, sans avoir la lenteur de celui de Rallner, ne présentât pas les défauts de la méthode de Glässgen. Il fallait trouver un moyen de déterminer la proportion d'eau hygroscopique, indépendamment de celle de l'eau de combinaison.

L'auteur y est parvenu en employant l'appareil de chauffage de Glässgen, modifié par Casagrandi, et en opérant la dessiccation des échantillons à une température basse d'abord, et ensuite de plus en plus élevée. Il a expérimenté sur des échantillons de mortier, de tuf, de briques, de pierres, de marbres, qui sont les matériaux les plus employés dans la construction des habitations.

La matière est d'abord broyée dans un mortier et placée dans un flacon en verre bouché à l'émeri. On en prend ensuite deux échantillons de 3 à 4 g chacun, pesés avec autant de précision que possible, qu'on place dans deux capsules de porcelaine, chauffées dans le tube de Glässgen, par une circulation d'eau à 50 degrés. L'air qui traverse le tube, est aspiré par une pompe et passe d'abord dans trois flacons laveurs contenant les deux premiers une solution de soude caustique. et le troisième de l'acide sulfurique concentré, ce lavage a pour but d'absorber l'acide carbonique d'abord, puis l'humidité ; on pèse les capsules toutes les trois heures jusqu'à ce que la différence entre deux pesées consécutives ne dépasse pas un demi-milligramme.

En opérant de cette manière, on évapore toute l'eau hygroscopique pour laquelle une température de 50 degrés suffit sans avoir d'action sur l'eau de combinaison. On le démontre par l'expérience suivante : la matière étant ramenée à zéro, on y ajoute une proportion d'eau déterminée, et on la dessèche dans les conditions qui viennent d'être indiquées, on refait l'expérience trois fois, avec des quantités d'eau différentes, et on constate que la perte correspond toujours exactement à la quantité d'eau ajoutée.

Cette expérience démontre en même temps que l'eau de combinaison de la matière n'est pas enlevée à la température de 50 degrés. La proportion de cette eau, qu'il faut une température plus élevée pour évaporer, est variable selon les matériaux. C'est le tuf qui en contient le plus, 1,78 0/0 ; après vient le mortier, avec 1,38 ; le travertin, 0,03 ; c'est le marbre qui présente la plus faible proportion qui est presque nulle.

Les câbles sous-marins allemands. — On vient d'achever la pose du nouveau câble entre Shanghai et Yap, dans les Iles Carolines, sur une distance de plus de 3 500 km. Ce câble a été posé à de plus grandes profondeurs qu'aucun des câbles existants et ferme le premier circuit autour de la terre, en dehors des câbles anglais. Un rapport du consul des Etats-Unis, Liefield, donne d'intéressants détails sur la question des câbles allemands.

L'année 1905 a été remarquable pour l'industrie allemande des

câbles sous-marins, en ce que non seulement elle a vu la pose de plusieurs nouveaux câbles, mais aussi parce que la technique de la fabrication et de la pose de ces organes de communications, a fait de réels progrès pendant cette période. En effet, l'immersion de ce nouveau câble entre Shangai et Yap a été opérée avec une rapidité et une précision qui n'avaient pas encore été obtenues jusque là. Cette opération a été achevée le 1er novembre 1905.

Cette pose porte à 13 le nombre des câbles sous-marins allemands, d'une longueur supérieure à 100 km. Ces câbles sont les suivants :

LIGNES	Dates de pose.	Longueur.
Emden-Borkum Lowestoft (Angleterre) . . .	1871	421 km
Hogos-Westerland-Arendal (Norvège)	1879	472
Emden-Valentia (Irlande)	1882	1585
Emden-Borkum-Vigo (Espagne)	1899-96	2100
Sassnitz-Trelleborg (Suède)	1898	117
Emden-Borkum-Horta (Açores) New-York .	1900	7700
Tjintau-Tschifu (Chine)	1900	457
Tsintau-Shanghai (Chine)	1900	703
Emden-Borkum-Bacton (Angleterre)	1901	465
Emden-Borkum-Horta (Açores) New-York . .	1903	7908
Constanza (Roumanie) Constantinople . . .	1905	343
Menado (Célèbes) Yap (Guam) Iles Ladrones .	1905	3250
Shanghai Yap (Carolines)	1905	3588

Sur les câbles que nous venons d'énumérer, ceux de Emden-Valentia et Emden-Borkum-Horta, appartiennent en commun à l'Allemagne et à l'Angleterre, celui de Sassnitz-Trelleborg à l'Allemagne et à la Suède ; ceux de Emden-Borkum-Vigo et de Emden-Borkum-Horta, à la Compagnie Allemande-Atlantique ; celui de Constanza-Constantinople, à la Compagnie Orientale-Européenne ; ceux de Menado-Yap et de Shangai-Yap, à la Compagnie Germano-Hollandaise ; il n'y a que les cinq autres qui puissent être considérés comme la propriété exclusive de l'empire allemand.

La ligne Emden-Valentia était à l'origine la seule voie de communication télégraphique entre l'Allemagne et les États-Unis, mais elle a cessé d'être en usage lorsque les câbles atlantiques allemands entre Emden, les Açores et New-York ont été mis en service.

En dehors des grandes lignes dont nous venons de parler, il y en a quantité d'autres de moindre importance qui établissent les communications entre les divers ports allemands, et entre ceux-ci et les pays voisins. Ainsi, il y a un câble de 84 km d'Arkova à Trelleborg (Suède), en service depuis 1865 ; il faudrait citer encore trois câbles africains qui ont été loués à plusieurs des Compagnies anglaises, ce sont : dans l'est de l'Afrique, le câble Zansibar-Bagamoya-Dar-es-Saluaam, 137 km ; dans l'ouest de l'Afrique, un câble Swakopmund-Mossamédes, 246 km, et un autre dans le Cameroun-Boony-Daala, 338 km. Les deux premiers de ces câbles appartiennent à la Eastern and South-Africa Telegraph C°, et le dernier à l'African-Direct Telegraphe C°.

Ainsi, l'Allemagne a environ 30 000 km de câbles sous-marins, dont il est vrai, seulement 5 300 km sont la propriété du Gouvernement allemand. La longueur totale des câbles du monde est de 443 000 km, en nombre rond ; on voit donc que la proportion qui appartient à l'Allemagne est, malgré les progrès qui ont été réalisés en 1905, encore bien modestes, puisqu'elle ne représente que la quinzième partie, tandis que l'Angleterre en possède plus des deux tiers. Mais un fait d'une importance considérable, est que grâce à la pose du câble entre Shangai et Yap, il existe maintenant une ligne continue autour de la terre, entièrement indépendante des câbles anglais.

D'Europe à l'est de l'Asie et à la côte de Chine, il existe des lignes terrestres et sous-marines appartenant à la Compagnie danoise des Télégraphes du Nord. L'océan Atlantique est franchi non seulement par les câbles anglais, mais aussi par des lignes américaines, françaises et allemandes ; ces lignes communiquent par les divers services des États-Unis avec la côte du Pacifique et de San-Francisco, par le câble américain du Pacifique, qui va par Guam aux Philippines. A Guam, se détache le câble Germano-Néerlandais, qui aboutit à Yap et y trouve la nouvelle ligne Yap-Shangai ; cette dernière assure une communication télégraphique avec les îles Ladrones et Carolines, indépendante des lignes anglaises, ce qui est d'une grande importance pour les colonies allemandes et aussi pour les possessions hollandaises de l'Extrême-Orient, qui sont aussi mises en communication indépendante.

Nous avons dit que la ligne Shangai-Yap avait été posée à des profondeurs supérieures à celles où sont immergés les autres câbles. Jusqu'à ces dernières années, il n'existait pas de câbles posés à plus de 5 000 m de profondeur. Le câble américain de l'océan Pacifique a été immergé en 1903, à des profondeurs atteignant 6 250 m. Le câble entre Menado, Yap et Guane, posé en 1905, par le vapeur spécial allemand *Stephan* a dépassé ces chiffres, les profondeurs atteignent pour ce câble 6 905 m. Le câble Shangai-Yap, posé par le même vapeur, a été, dans le voisinage des îles Linkin, descendu à 8 000 m, ce qui est une des plus grandes profondeurs qu'on rencontre dans les mers du globe. Ces câbles ont été fabriqués dans les ateliers de la Norddeutscher Seekabel A. G., à Nordenham, à l'embouchure du Weser.

Le vapeur spécial pour la pose des câbles, le *Stephan*, dont il a été question ci-dessus, appartient à cette Compagnie, ainsi que le *Von-Podbielski*. Ce dernier a été construit en Angleterre, tandis que le *Stephan* a été fait dans les chantiers du Vulcan, à Bredow, près Stettin.

Ce navire a été mis à l'eau en décembre 1902, ses dimensions sont : longueur totale, 125,90 m ; largeur, 14,63 m ; creux, 10 m. Au tirant d'eau normal de 7,50 m, il déplace 9 850 tonnes, son tonnage est de 4 600. Il peut recevoir 9 000 tonnes de câbles enroulés, dans quatre puits à section circulaire, dont le plus grand a 13,50 m de diamètre, c'est-à-dire presque toute la largeur de la coque.

Le *Stephan* a deux hélices actionnées par deux machines à triple expansion de 2 400 chevaux de force collective qui lui impriment une vitesse de 11 1/2 nœuds. La vapeur est fournie aux machines principales et aux appareils accessoires de manœuvres et de pose des câbles

pour trois chaudières cylindriques, dont une à double façade et deux à simple, ayant ensemble 706 m² de surface de chauffe. L'équipage se compose de 116 hommes, dont 22 officiers, mécaniciens et électriciens.

Méthode électrolytique pour la récupération de l'étain. — Nous avons donné dans les chroniques de mai et juin 1903 quelques détails sur les divers procédés employés pour l'extraction de l'étain des rognures de fer blanc.

L'*Elektrochemisch Zeitschrift* traite le même sujet en donnant des renseignements sur de nouvelles méthodes basées sur l'électrolyse.

Le traitement électrolytique des déchets de fer-blanc a pris dans ces derniers temps un très grand développement. En Allemagne, huit établissements en traitent annuellement 30 000 t dont elles tirent environ 1 000 t d'étain.

Laissant de côté les méthodes employées jusqu'ici, l'auteur de l'article dont nous nous occupons M. Th. Gross, décrit un procédé pratiqué dans une fabrique de Copenhague pour retirer l'étain des vieilles boîtes de conserves. Ce procédé n'est pas nouveau et a été breveté il y a déjà quelques années, mais on n'avait pas reconnu jusqu'ici sa valeur pratique qui, d'après des renseignements récents, est pleinement confirmée par l'expérience.

La plus grande partie de l'étain employé dans les arts sert à la fabrication du fer-blanc, dont les boîtes de conserves consomment une énorme quantité et, sous cette forme, l'étain serait absolument perdu si on ne pouvait le retrouver. L'importance d'une méthode permettant cette récupération aussi complète que possible par des moyens simples et pratiques est évidente.

On procède généralement en soumettant les rognures à la chaleur dans des fours spéciaux; on trouve encore à Londres et à Paris des établissements où on opère de la sorte, mais on ne peut ainsi guère récupérer que l'étain qui a servi à la soudure et qui est mélangé de plomb en parties égales, cette partie ne représente pas plus de 5 0/0 du total, l'étain du fer-blanc, qui représente 5 0/0 du poids de celui-ci est en couche trop faible pour pouvoir couler et se réunir. Mais l'inconvénient capital est qu'il se forme par la chaleur un alliage de fer et d'étain qui conserve ce dernier sans qu'on puisse le séparer. Du reste cet alliage se forme déjà partiellement dans la fabrication du fer-blanc.

Le procédé Bergsoe, appliqué depuis deux ans à Copenhague permet de retirer des rognures la totalité de l'étain contenu, soit dans la soudure, soit dans le fer-blanc. On traite les boîtes de conserves sans nettoyage préalable. Une machine, mue à bras, perce un trou dans le fond de ces boîtes qu'on place dans un panier où elles restent pendant toute la durée de l'opération. Quand les paniers sont pleins, on les immerge dans des vases disposés en série et communiquant ensemble de manière que le liquide circule facilement d'un vase à l'autre. Ce liquide qui, comme on le verra plus loin, provient des éléments d'électrolyse, est une dissolution de chlorure stannique contenant environ 2 0/0 de ce métal. Son action sur l'étain le transforme en chlorure stanneux :

$$SnCl_4 + Sn = 2SnCl_2.$$

Le liquide, en passant par les divers récipients, s'enrichit de plus en plus en chlorure stanneux, jusqu'à ce qu'enfin il soit refoulé par une pompe à corps en laiton dans les cellules d'électrolyse où il subit une réaction inverse de la première, c'est-à-dire que le chlorure stanneux passe à l'état de chlorure stannique en abandonnant de l'étain qui se dépose sous forme de petits cristaux d'un demi-millimètre de longueur. Le liquide contenant l'acide stannique subit de nouveau le même cycle d'opérations et ainsi de suite. L'étain recueilli est fondu; comme il est absolument pur, il peut être vendu au prix de l'étain Banca. On dépense environ 47 kilowatts par 1 000 kg d'étain récupéré.

Le liquide employé dans l'opération peut servir trois ou quatre mois, au bout desquels il faut le remplacer parce qu'il contient une proportion excessive de chlorure de fer. A cause du prix élevé qu'atteint en Danemark l'acide chlorhydrique, la dépense de ce chef est de 5,30 f par tonne de matières premières. On prépare la solution de chlorure d'étain en traitant des rognures de fer-blanc par l'acide chlorhydrique en présence de corps oxydants ou mieux en faisant dissoudre de l'étain dans l'acide.

Dans la méthode Bergsoe, l'étain des soudures est également mis en dissolution et on a un résidu cristallin grisâtre de chlorure de plomb. L'opération se fait à la température ordinaire. L'objection principale qui se présentait à l'emploi de la méthode dont nous nous occupons était l'attaque du fer par le liquide stannifère. Or l'expérience a démontré que, si on a la précaution de maintenir un excès d'étain dans le bain, le chlorure stannique ne dépasse jamais la proportion de 20 0/0 de fer. Le chlorure ferrique dissout moins bien le fer que l'étain, mais, pendant l'opération électrolytique, il ne se forme pas de chlorure ferrique si le liquide contient un excès d'étain. Ce n'est qu'en l'absence de cet excès, qu'il se forme du Fe_2Cl_6. On peut donc facilement éviter cet inconvénient en pratique.

Le fer qui reste après l'enlèvement de l'étain se vend facilement en Danemark pour servir dans le traitement du cuivre par précipitation. Comme il est tout à fait exempt d'oxyde, il est recherché pour cet emploi.

Toutes les autres impuretés y compris les détritus contenus dans les boites de conserves se réunissent au fond des vases d'où on les extrait plusieurs fois par an; elles ne se mélangent pas à l'étain extrait, ce qui est encore un des avantage du procédé Bergsoe sur d'autres méthodes.

COMPTES RENDUS

SOCIÉTÉ D'ENCOURAGEMENT POUR L'INDUSTRIE NATIONALE

Mai 1906.

Rapport de M. Larivière sur le **Prismalithe** de M. Coppin.

Ce nouveau produit consiste en plaques moulées formées d'une pâte d'oxychlorure de magnésium dans laquelle on incorpore intimement de la sciure de bois ou de l'amiante. Ces plaques servent à faire des aires, elles sont très homogènes et présentent des qualités précieuses de résistance, de dureté et d'imperméabilité; leur prix varie de 9 à 10 f le mètre superficiel. On fait les joints avec la pâte même qui constitue le produit

Rapport de M. Vogt sur l'ouvrage de M. Granger, intulé **la céramique industrielle.**

Cet ouvrage est la reproduction du cours professé par l'auteur aux élèves de l'école attachée à la manufacture nationale de Sèvres; on peut le considérer, d'après le rapport, comme un des meilleurs traités de céramique récemment publiés.

Épuration des eaux d'égouts et des eaux industrielles, communication de M. B. Bezault, Ingénieur sanitaire.

L'auteur après quelques considérations générales sur le sujet, décrit d'abord l'épuration par l'épandage à laquelle il adresse le double reproche qu'avec elle on n'est jamais certain de ne pas contaminer les nappes d'eau environnantes et on ne peut jamais prévoir exactement à quelle dépense on s'engage. Il étudie ensuite la précipitation chimique qui, d'après lui, ne peut être recommandée que pour des cas absolument spéciaux et l'épuration biologique par fosses septiques et lits bactériens sur laquelle il s'étend longuement et qu'il considère comme tout à fait simple et pratique. La note étudie la question de la filtration qui est la conséquence de l'épuration bactérienne et décrit les divers systèmes. On trouve ensuite des indications sur l'épuration des eaux industrielles pour lesquelles les méthodes varient suivant la nature de ces eaux qui diffèrent beaucoup les unes des autres.

Notes de chimie, par M. Jules Garçon.

Nous citerons les sujets suivants parmi ces notes : Sur la formation de la rouille. — Oxydations lentes en présence d'humidité. — Solidité des couleurs pigmentaires. — Photographie en couleurs. — Les colles et gélatines, essais et applications. — Caractérisation qualitative et quan-

titative des soies artificielles. — Dissolution de l'or. — Dorage rapide électrolytique des métaux. — Combustion explosive des hydrocarbures. — Propriétés acides de l'amidon. — Théorie de la teinture. — Industrie de l'huile de coton aux États-Unis. — Détermination quantitative de l'arsenic dans les produits alimentaires, etc.

Notes économiques, par M. Alfassa. Les habitations à bon marché et la loi du 12 avril 1906.

L'auteur étudie d'abord les conséquences de la loi du 30 novembre 1894 sur la crétion de sociétés d'habitations à bon marché. Une expérience de dix années permet d'en apprécier les résultats et de se rendre compte des modifications nécessaires. Un rapport de M. Cheysson donne des détails très intéressants à ce sujet et signale quelques réserves à faire. La loi qui a produit de très heureux résultats ne permet pas aux sociétés de profiter de toutes les ressources théoriquement mises à leur disposition, et elle n'atteint pas entièrement le but qu'elle se proposait pour les possesseurs de maisonnettes individuelles en ne leur assurant pas — par le manque de simplicité de ses dispositions — d'une manière certaine le bénéfice de leur prévoyance. La loi du 12 avril 1906 a cherché à porter remède à ces défauts par des dispositions sur lesquelles insiste l'auteur.

Notes de mécanique. — On trouve dans ce chapitre une note sur l'explosion des mélanges de gaz d'éclairage et d'air, la description du comparateur Shaw, une étude sur les presses à forger et sur les moteurs à gaz pour bateaux.

SOCIÉTÉ DES INGÉNIEURS ALLEMANDS

N° 25. — *23 juin 1906.*

Le transport de troupe *Borussia* construit aux chantiers Germania à Kiel, par H. Buchholz.

Expériences sur la pression exercée sur les parois dans les silos, par J. Pleissner.

Les installations électriques de Wangen-sur-Aar, établies par la Société d'électricité par actions précédemment W. Lahmeyer et Cie à Francfort, par K. Meyer *(fin)*.

Groupe d'Aix-la-Chapelle. — Progrès techniques dans les marines de guerre et de commerce dans les dix dernières années.

Bibliographie. — L'école de pédagorie par E. Kapf.

Revue. — Bains de fusions chauffés à l'électricité. — Wagons de chemins de fer pour transporter et soigner les blessés. — Frein pour l'essai des moteurs à gaz. — Coût d'établissement des barrages.

N° 26. — *30 juin 1906.*

Installations de manœuvre du nouveau pont de chemin de fer sur le canal de la Mer du Nord à Velsen, par J. J. W. van Lœnen-Martinet et F. C. Dufour.

Expériences sur la pression exercée sur les parois dans les silos, par J. Pleissner *(fin).*

Nouvelles machines à affûter pour machines-outils par G. Schlesinger.

Nouvelles machines pour les arts textiles dans les dernières expositions, par G. Rohn.

Cause d'altération dans les pièces de machines due aux raccords à congés trop faibles, par A. Föppl.

Groupe de Bavière. — Conséquence commerciale de la technique frigorifique.

Bibliographie. — Transports par locomotives routières à vapeur, par O. Layriz. — Emploi de la statique graphique, par W. Ritter.

Revue. — Le vapeur fluvial *Hendrick Hudson.* — Condenseurs pour turbines à vapeur. — Éclairage au gaz par incandescence pour wagons de chemins de fer. — Nouveau système de turbine á vapeur de Melms et Pfenninger, à Münich. — Commission suisse pour l'étude de la traction électrique.

N° 27. — *7 juillet 1906.*

Le paquebot à deux hélices *Kaiserin Auguste Victoria*, construit aux chantiers du Vulcan, à Stettin, par Kaemmerer.

Expériences sur une installation de déchargement de charbon à Breslau, par Kaemmerer.

L'effet utile de l'enveloppe de vapeur d'après des expériences récentes, par A. Bautlin.

Fabrication des arbres coudés, par Fr. Schraml.

Tableaux numériques pour le calcul des ressorts, par R. Proell.

Groupe de Franconie et du Haut-Palatinat. — Les questions les plus intéressantes pour l'industrie bavaroise.

Bibliographie. — Développement historique et technique de l'indicateur, par P. H. Rosenkranz.

Revue. — Dispositif automatique pour le perçage des trous de rivets dans les tôles, de W. Sellers et C°. — Exportation des minerais de fer des États-Unis.

N° 28. — *14 juillet 1906.*

Le pont des seigneurs à Lübeck, par C. Buzeman.

La résistance des fers à double T, par A. Hertwigh.

La sécurité contre les fissures dans les ailes des fers profilés.

L'effet utile de l'enveloppe de vapeur d'après des expériences récentes, par A. Bautlin *(suite).*

Groupe de Berlin. — Utilisation des eaux de source. — Transport des voyageurs et des marchandises par automobiles de grandes dimensions.

Bibliographie. — Les travaux du domaine du Génie Civil à Berlin et aux environs. Publication du cinquantenaire de l'Association des Ingénieurs Allemands. — L'électricité et son développement, par J. W. van Heys. — Le droit industriel en Prusse, par F. Nelken.

Revue. — Compresseurs rotatifs pour hautes pressions. — Les travaux du canal de Panama, — Le chemin de fer de Pensylvanie. — Le trafic sur le canal de Dortmund à l'Ems. — Le développement de l'extraction de la houille dans le district de Dortmund. — La distribution d'eau de la ville de New-York.

Pour la Chronique et les Comptes rendus :
A. MALLET.

BIBLIOGRAPHIE

Ire SECTION.

Traité général et pratique des distributions et canalisations, par E. Pacoret, Ingénieur (A. et M.) (1).

C'est un ouvrage important qui comporte cinq volumes.

Le premier est relatif à l'électricité et traite des principes généraux, des machines génératrices et des machines réceptrices, des conducteurs électriques, des piles, accumulateurs, appareils de mesure ; de la distribution de l'électricité sous ses différentes formes : courants continus, courants alternatifs, courants polyphasés ; de l'éclairage électrique, du transport et de la distribution de force, des stations centrales d'électricité ; de l'appareillage des tramways électriques, des automobiles et de la navigation. Il est terminé par des applications numériques et des modèles d'études de toutes sortes.

Le second volume s'occupe de l'eau. Il expose les principes généraux de l'hydraulique, la classification et la qualité des eaux, les calculs et l'établissement des conduites d'eau avec leurs modes de distribution et d'installation, l'élévation des eaux, contient des descriptions d'appareillage et des modèles d'établissement de réseaux.

Le troisième volume est divisé en trois grands chapitres relatifs au gaz, à l'acétylène et à l'alcool. Il entre dans le détail des principes généraux de l'écoulement du gaz, de tout ce qui a trait aux conduites : calculs, distribution et installation ; des machines à gaz, de la fabrication du gaz et de l'appareillage.

Le quatrième volume est consacré à l'air comprimé et, après l'exposé des principes généraux, décrit les compresseurs et réservoirs, les machines à air comprimé ou aéro-moteurs, les applications statiques et physiques de l'air comprimé, le transport et la distribution de force puis, bien entendu, des appareils et des conduites.

Le cinquième et dernier volume traite de la vapeur et des chauffages divers en ses principes généraux : générateurs de vapeur, machines à vapeur, établissement et description des conduites, des appareillages et enfin du transport et de la distribution de la vapeur.

C'est le résumé de nombreuses applications et travaux pratiques, qui eut rendre de grands services à tous : industriels, ingénieurs ou archictes qui ont à s'occuper de ces questions, sans avoir le loisir de les udier à fond.

F. T.S.

(1) 5 vol. in-16, 225 × 145, reliés en un seul vol., Paris, J. Loubat et Cie, prix, 24 f les vol. brochés.

IIe SECTION

Le Bréviaire du Chauffeur, par le docteur R. Bommier (1).

En lisant le *Bréviaire du Chauffeur*, on s'aperçoit de suite que c'est là l'œuvre d'un médecin, mais d'un médecin qui a étudié l'automobile. Le docteur Bommier a apporté à l'examen de l'anatomie de sa voiture les méthodes et le soin que ses confrères réservent d'habitude uniquement à l'étude du corps humain.

Il étudie séparément chaque organe en lui-même ; puis examine son fonctionnement et nous indique l'hygiène qui lui convient (peu ou beaucoup d'huile, par exemple), il nous montre enfin ses points délicats, de quelle maladie il peut être atteint et comment on doit le soigner et le guérir... lorsque la guérison est possible.

Divisé en grands chapitres : châssis et accessoires, moteur, carburateur, allumage, circulation d'eau, transmission, frein et direction, — ce livre, clair et net, est fort heureusement complété par des tableaux indiquant, pour tout mauvais fonctionnement de la voiture, la cause probable et renvoyant le lecteur aux pages du livre où la maladie est décrite et le remède indiqué.

Le *Bréviaire du Chauffeur* pourra ainsi, en leur épargnant bien des tâtonnements, rendre de réels services aux touristes voyageant sans mécanicien et empêcher qu'une petite panne, dont la source reste inconnue, transforme un voyage d'agrément en un long et douloureux calvaire. E. P.

Ve SECTION

L'appareillage mécanique des industries chimiques. — Adaptation française de l'ouvrage : *Die Maschinellen Hulfsmittel des chemischen Tecknik*, de Parnicke, traduction française par Ed. Campagne, ingénieur-chimiste (2).

Cet ouvrage est le *vade mecum* du chimiste confiné dans les régions abstraites du laboratoire, et se trouvant aux prises avec les nécessités d'une exploitation industrielle.

Il rassemble dans une série de chapitres individuels les renseignements généraux concernant le matériel spécial des industries chimiques, en examinant successivement : la production et la transmission de la force motrice ; le transport des corps solides, liquides et gazeux ; les appareils de broyage, malaxage, fusion, dissolution ou concentration ; les procédés mécaniques de séparation des corps ; la ventilation des ateliers, et enfin, les appareils de contrôle des opérations chimiques.

(1) In-8, 195 × 125 de x-391 p. avec 140 fig. Paris, H. Dunod, et E. Pinat, 1906, prix broché 5 f.

(2) In-8, 255 × 165 de vi-356 p. avec 298 fig., Paris, H. Dunod et E. Pinat, 1906, prix broché 12,50 f.

S'efforçant d'envisager les problèmes industriels sous leurs grandes faces, le traducteur n'a laissé subsister dans cet ouvrage que les appareils ayant un caractère d'utilité générale, en substituant, autant que possible, aux appareils allemands présentés par l'auteur, des types similaires adoptés en France ou à l'étranger.

Ainsi limité aux généralités, l'ouvrage de M. Parnicke possède les qualités de précision et de clarté désirables et constitue pour les chefs d'industries chimiques un guide recommandable. E. C.

Manuel de céramique industrielle : matières premières, préparation, fabrication, par D. Arnaud, Céramiste, ancien Directeur d'usines, et G. Franche, Ingénieur des Arts et Manufactures.

A côté du nombre considérable de livres techniques sur la Céramique industrielle, l'ouvrage de MM. D. Arnaud et G. Franche a une place à part auprès des Ingénieurs et des Manufacturiers. C'est un manuel pratique, condensé sous une forme brève, rempli de documents techniques, et dans lequel se retrouve, à tout instant, la plume d'un homme de métier.

A la suite d'une étude complète des matières premières et de toutes les manipulations céramiques, on y puise une foule de renseignements intéressants sur les tours de main ou recettes du travail, et plus particulièrement des séries de composition d'émaux, de matières colorantes et de glaçures, dont la connaissance permettra d'éviter bien des tâtonnements ou des écueils inopinés.

Les auteurs mettent à la portée de tous, dans un style clair et précis, les vieilles méthodes empiriques d'autrefois, à côté des procédés les plus perfectionnés et les plus économiques de l'industrie moderne; les appareils nouveaux sont décrits avec élégance et précision, et l'absence de formules chimiques, que l'on peut regretter, est remplacée à dessein, paraît-il, par une foule de recettes documentées.

E. C.

La distillation des résines, par Victor Schweizer. Traduit de l'allemand par Henri Muraour (1).

Cet ouvrage ne se contente pas d'exposer les nouvelles méthodes de distillation à la vapeur des térébenthines, des copals et du succin. Il décrit également toutes les industries dérivées de la résine, le gaz de résine, l'huile de résine et sa purification, les graisses pour voitures, les savons de résine ou résinates, les couleurs de résinates, les lustres, le noir de fumée, les encres d'imprimerie, etc.

(1) Un vol. in-8° de 674 pages, avec 306 figures. Paris, H. Dunod et E. Pinat. Prix : broché, 12 f; cartonné, 13,50 f.

(1) In-8, 225 × 140 de 242 p. avec 67 fig., Paris, H. Dunod et E. Pinat, 1906, prix broché 7,50 f.

C'est donc une monographie très complète de tout ce qui se rattache aux résines. Les intéressés y puiseront des renseignements précieux, aujourd'hui que l'industrie de la résine a pris un essor considérable par l'arrivée sur le marché européen des résines américaines. E. B.

IV[e] SECTION

Distribution par courants alternatifs, par W. E. Goldsborough, professeur à l'Université de Lafayette, Purdue (Etats-Unis), traduit de l'anglais par H. de Vorges, ingénieur des arts et manufactures (1).

Cette étude, qui a paru dans l'*Electrical Review* de New-York et que M. de Vorges, grâce à sa traduction aussi correcte que soignée, a rendue accessible aux Ingénieurs français, se divise en deux parties : l'une étudie les divers phénomènes que présentent les circuits parcourus par les courants alternatifs ; l'autre partie a pour objet d'appliquer aux alternateurs les lois et faits démontrés.

Chaque question y est traitée par l'analyse, l'emploi du calcul intégral étant limité au minimum possible ; elle est reprise ensuite par la méthode géométrique et est suivie d'un exemple numérique pris dans un cas rencontré dans la pratique.

Des figures instructives complètent le texte de cette très intéressante étude. P.-S.

(1) In-8, 250 × 165 de 248 p. avec 171 fig. Paris. *Mois scientifique et industriel*, 1904. Prix broché, 10 f.

Le Secrétaire Administratif, Gérant,
A. de Dax.

IMPRIMERIE CHAIX, RUE BERGÈRE, 20, PARIS. — 12308-8-06. — (Encre Lorilleux)

CONDITIONS HYDRAULIQUES

DES

GRANDES VOIES NAVIGABLES DU GLOBE

envisagées plus spécialement
au point de vue des courants dans leurs divers chenaux

PAR

Elmer Lawrence CORTHELL

DOCTEUR ÈS SCIENCES, INGÉNIEUR CIVIL

TRADUIT DE L'ANGLAIS

PAR

M. Henri VIARD

I

Il y a dix ans que le signataire de ces lignes s'occupe d'un projet de canal maritime, destiné à abréger la distance et à éviter les dangers de la route par mer entre les points situés au sud et les points situés au nord de la péninsule du cap Cod (1). Cette péninsule s'allonge du continent, État de Massachusetts, dans l'Atlantique comme un bras de fer (2) qui barre le chemin aux innombrables navires circulant entre les grands ports de New-York et de Boston et d'autres centres commerciaux importants.

L'objet du présent mémoire n'est pas de se lancer dans la description de la voie proposée, ni d'exposer les avantages dont profiteront grâce à elle les 18 millions et plus de tonnes de marchandises, dont le transit est aujourd'hui gêné par la péninsule, ses bas-fonds, ses brumes et ses côtes dangereuses.

(1) Cap Morue.

(2) M. Corthell écrit « mailed fist », entre guillemets. C'est une allusion à une expression dont s'est servi S. M. Guillaume II d'Allemagne dans un de ses discours. Elle a fait fortune en Angleterre et, on le voit, en Amérique. On dit la politique du *mailed fist*, du *poing armé du gantelet*. Nous avons essayé de rendre l'idée, mais rien, sauf cette explication que l'on voudra bien excuser, ne pouvait indiquer au lecteur la saveur du texte. *(Note du Traducteur).*

Il a pour but d'indiquer que les questions d'hydrologie, soulevées au cours de l'élaboration et de la discussion du projet, ont amené l'auteur à faire une enquête approfondie sur un sujet plus général : les Conditions hydrauliques des grandes voies navigables du globe et des courants dans leurs chenaux.

Il ne sera pas, cependant, sans intérêt de préciser les problèmes physiques que l'on a dû envisager, en vue du canal maritime projeté, et les résultats de cette étude.

Une carte-croquis (1) servira à esquisser la géographie de la route et des parages avoisinants.

Les indications ci-après, relatives aux conditions hydrauliques, sont le résumé d'un rapport rédigé en 1896, par l'auteur en collaboration avec M. A.-P. Boller, Ingénieur civil, et d'un rapport établi par lui en 1899, conjointement avec son associé, feu le Colonel Alfred-L. Rives, Ingénieur civil.

Une langue de terre basse, large d'environ huit milles, réunit le renflement du cap Cod au Continent, État de Massachusetts.

L'échancrure profonde de la baie des Busards, juste en face du renfoncement de la baie du cap Cod, de l'autre côté, rapproche d'autant les rivages.

Sur la plus grande partie des huit milles, le terrain est bas et marécageux ; deux bayous, sujets en quasi-totalité à la marée, s'y faufilent : ce sont, au sud, le Monument qui se déverse dans le fond de la baie des Busards, au nord le Scusset, qui se jette dans la baie du cap Cod ou de Barnstable.

Les conditions hydrauliques sont, dans chacune des baies, les suivantes :

Au nord, le rivage décrit une large courbe unie ; pas d'îles à proximité ; beaucoup de fond.

Au sud, la baie relativement étroite, forme une échancrure profonde et pointue ; elle est, près du rivage, pointillée d'îlots qui le protègent contre les lames.

La côte de la baie septentrionale est très abrupte, il y a quatre brasses (7,28 m) d'eau à un tiers de mille (536 m) du rivage.

L'approche du terminus méridional du côté de la mer est plate, et il faudra quelque peu draguer les bas-fonds pour obtenir toute la profondeur demandée.

Le dénivellement des marées de l'un et l'autre côté est inégal. L'exhaussement de celles de la baie du cap Cod est d'environ

(1) Planche 125.

4 pieds et demi (1,37 m) au-dessus du niveau moyen de la mer, et leur dépression à peu près équivalente. Dans la baie des Busards, l'exhaussement et la dépression sont d'un peu plus de 2 pieds (0,60 m) au-dessus et au-dessous du niveau moyen de la mer. Par suite de la configuration spéciale des lignes des rivages, la pleine mer ne se produit pas au même moment aux deux extrémités du canal; dans la baie des Busards, elle a lieu environ trois heures et demie plus tôt que dans l'autre.

Les calculs basés sur la différence des marées démontrent que le maximum de courant qui puisse se produire pendant quelques instants sera d'un peu moins de 4 milles (6,436 km) à l'heure, et que l'ouverture du canal causera un écoulement de la baie de Barnstable vers celle des Busards.

Les courants quotidiens dans un sens et dans l'autre, seront suffisants pour maintenir le canal libre de glaces, pendant les hivers les plus rigoureux.

L'entrée du canal, dans la baie de Barnstable, est protégée de presque tous les côtés de la rose des vents : au nord et au nord-ouest, par le Continent et la pointe Monument, au nord-est et encore plus à l'est par l'extrémité septentrionale du cap Cod.

La question des écluses ne souffre pas la discussion. Notre ferme opinion est qu'elles ne sont pas nécessaires et qu'elles seraient néfastes, en empêchant le mouvement des navires dans le canal de parvenir à l'intensité qu'il doit normalement atteindre; elles retarderaient les vaisseaux et amèneraient la formation de glaces en hiver.

Les courants qui se produiront dans le canal dans un sens et dans l'autre n'auront pas une vitesse suffisante pour menacer la cuvette ou pour affecter la navigation.

Les déclarations suivantes, sont tirées du rapport postérieur, celui de 1899 :

« Cette route a le mérite d'offrir un alignement excellent. La » plus grande partie en est droite; il n'y a que trois courbes de » 30 minutes et de 11 459 pieds (3 490 m) de rayon.

» La matière à enlever est aisément dragable, et on a toutes » hances de ne pas rencontrer de gros blocs.

Le nouveau canal projeté aura un autre mérite, celui d'un » ntretien facile puisqu'il est dans la ligne du flot de marée » les baies voisines; la facilité d'entretien sera d'autant plus » rande, que les matériaux enlevés par les dragues, auront

» été déposés judicieusement en vue de favoriser le maintien
» en bon état du nouveau chenal.

» La coupe que nous proposons, pour la partie qui va de la
» station 0 à la station 330 (6 1/4 milles — 10,056 km) — les sta-
» tions sont de 100 pieds (30,47 m) —, répond aux exigences
» de la Concession de la Compagnie du Canal : largeur de
» 100 pieds (30,47 m), profondeur de 25 pieds (7,61) au-dessous
» du niveau moyen de la basse mer, avec inclinaison de 2
» pour 1 pour les parois, chiffres auxquels nous avons donné
» l'élasticité nécessaire entre les stations 13 et 62, qui se trou-
» vent dans le marais près de Barnstable, en vue d'y établir
» un port, car on ne se propose pas d'en créer un à l'extérieur,
» et entre les stations 100 et 140, près de la mare de Keith, à
» environ 2 milles (3 218 m) plus avant dans les terres, endroit
» où la nature du terrain demandera peut-être une inclinaison
» moindre.

» Dans la baie de Barnstable, à l'entrée du canal, nous nous
» proposons de porter la profondeur à 30 pieds (9,14 m), la lar-
» geur du plafond à 160 pieds (48,75 m) et d'abaisser l'inclinai-
» son des parois jusqu'à 4 pour 1. Dans la rivière Monument, sur
» une distance d'un mille, nous nous proposons de diminuer
» l'inclinaison des parois à 4 pour 1 ; dans la partie inférieure
» de cette rivière et dans le chenal de la baie des Busards,
» d'élargir le plafond jusqu'à 160 pieds (48,75 m) et de réduire
» l'inclinaison des parois à 4 pour 1. Nous recommandons ces
» agrandissements à cause de la nature probable du sol, et afin
» de favoriser la navigation.

» La direction préconisée comporte 7 milles 8 dixièmes
» (12,872 km) de la baie de Barnstable à la baie des Busards, avec,
» de plus, 4 milles (6,436 km) de dragage (en partie très léger)
» dans cette dernière : la distance totale entre les deux points
» extrêmes de dragage serait de 12 milles (19,308 km).

» Nous ne prévoyons pas d'écluses à marée, car nous les
» croyons non seulement inutiles mais excessivement funestes.

» Le dénivellement des marées dans la baie de Barnstable est
» d'environ 9 pieds (2,74 m), et de 4 pieds et demi (1,37 m) dans
» la baie des Busards, où la pleine mer est en avance de trois
» heures. Ce fait pourra produire pendant quelques moments,
» à de rares intervalles, un courant de 4 milles à l'heure
» (6,430 km) au maximum, mais, nous le répétons, seulement
» pendant un très court laps de temps. (Voir les rapports de

» M. le Général du Génie Foster, de l'Armée américaine, 1870,
» et celui de M. Clemens Herschel, 1876).

» Cette vitesse momentanée n'est pas plus grande que celle
» qui existe dans quantité de fleuves navigables, et dans d'autres
» canaux bien connus. Elle n'est pas de nature à détériorer des
» berges ordinaires et ne constitue pas un obstacle sérieux à la
» navigation.

» D'autre part, les avantages en hiver d'un courant dominant
» d'eau tiède, venant de la baie de Barnstable (voir le rapport
» du Professeur Mitchell), et tendant à maintenir le canal libre
» de glaces, ne sauraient être prisés trop haut. Nous croyons
» que ce courant, aidé du passage des vapeurs, empêchera
» toute obstruction sérieuse par les glaces. »

On a soumis à des spécialistes cette question, ce problème des marées. L'un d'eux est M. Thos-C.-J. Baily, jeune. On a prié ce dernier de bien vouloir consulter le Docteur R. H. Harris, Expert et Chef du Département des marées, du Bureau d'Études topographiques des Côtes et de Géodésie du Gouvernement des États-Unis à Washington, district de Colombie.

Voici le résultat de cette consultation.

COURANTS.

A MONSIEUR E.-L. CORTHELL, n° 1, Nassau Street, New-York City.

1208, Lydecker Avenue, Washington. D. C.,

15 octobre 1903.

CHER MONSIEUR,

Je suis heureux de dire que, lors de ma visite au Bureau d'Études topographiques des Côtes, j'ai, muni de votre lettre, été traité avec la plus grande courtoisie. M. le Docteur Harris, du Département des marées, a été jusqu'à calculer lui-même, la vitesse probable du courant dans le canal, en se servant de la formule de Weisbach.

Le Docteur Harris a pris un dénivellement de 6 pieds et un coefficient z de 0,007565, à l'aide desquels il a obtenu le chiffre de 4,8 pieds (1,46 m) par seconde, 3,2 milles (5,148 km) à l'heure.

On m'a assuré aussi que la plus grande addition de hauteur

à l'exhaussement de la marée, addition due à un vent violent, n'est pas de plus de 2 pieds (0,60 m) et qu'il n'y aurait pas de dépression correspondante à l'extrémité ouest du canal.

Comme la vitesse varie à peu près avec la racine carrée du dénivellement, cela y ajouterait 0,7 pied (0,21 m) par seconde. Du reste aucun navire n'essaierait d'entrer dans le canal par une pareille tempête.

La théorie sur laquelle j'ai basé mes calculs, c'est-à-dire un chiffre basique établi d'après la différence des niveaux d'eau, a été approuvée par plusieurs de ces Messieurs du Bureau d'Études topographiques des Côtes, et c'est celle dont s'est servi le Docteur Harris.

Il ne faudra que 25 minutes au flot de marée pour franchir les 8 milles (12,872 km) de canal. Nous pouvons donc prendre une ligne droite comme pente de surface.

Je vous soumets ci-dessous des calculs d'après trois formules : celle de Kutter, avec un coefficient de 0,025; la formule de Chezy modifiée par Bazin :

$$V = C\sqrt{rs} \text{ dans laquelle } C = 158 \div \left(1 - \frac{M}{\sqrt{r}}\right)$$

en se servant de 2,35 comme valeur de M, ce qui correspond aux canaux en bon état ; et la formule de Weisbach $V = \sqrt{2gh} \div \sqrt{1 - z\frac{1}{r}}$, en se servant d'une valeur de 0,0077 pour z, selon le paragraphe 476 de Weisbach.

Je désire déclarer cependant que je me fie peu à la formule de Bazin. Elle n'est pas bien établie et donne $158\sqrt{rs}$ pour une surface parfaitement lisse où $M = 0$, ce qui est incorrect, car il ne peut pas y avoir uniformité de vitesse dans ce cas.

La vitesse au fond ne sera probablement pas de plus de la moitié de la vitesse moyenne indiquée ici (c'est un rapport défini par moi, d'après des observations faites à Arkansas City, État d'Arkansas, en mai 1893); et le maximum de vitesse au fond, que l'on peut attendre par grand vent d'est exhaussant la pleine mer de 2 pieds (0,60 m), ne sera pas de plus de 3 pieds (0,91 m) par seconde (2 milles — 3,218 km à l'heure), vitesse à laquelle un courant affouille probablement le gravier fin, mais non pas le gros gravier.

Veuillez vous souvenir que les vitesses données ci-dessous ne se présenteront que quatre fois pendant les vingt-quatre heures, et

pour peu de temps et qu'on peut évaluer la moyenne générale de courant à 2,5 pieds (0,76 m) par seconde, ou 1,7 mille statutaire (2,735 km) à l'heure.

Maximum de vitesse à prévoir dans le Canal maritime du cap Cod, calculé d'après les différentes formules.

FORMULES DE	PAR SECONDE		PAR HEURE		
	pieds	mètres	milles anglais	kilomètres	nœuds ou milles marins
			Marée moyenne.		
Kutter.	5,7	1,73	3,9	6,275	3,4
Weisbach . . .	5 »	1,52	3,4	5,471	3,0
Bazin.	5,97	1,81	4,06	6,532	3,6
			Grande marée.		
Kutter.	6,05	1,84	4,1	6,596	3,6
Weisbach . . .	5,3	1,61	3,6	5,792	3,2
Bazin	6,4	1,95	4,35	6,999	3,8
			Marée de morte eau.		
Kutter.	4,97	1,41	3,38	5,438	3,0
Weisbach . . .	4,3	1,30	2,9	4,680	2,6
Bazin	5,08	1,54	3,45	7.240	3,0
			Marée d'équinoxe.		
Kutter.	6,2	1,88	4,2	6,757	3.7
Weisbach . . .	5,1	1,55	3,46	4,567	3,1
Bazin	6,1	1,85	4.14	6,661	3,7

Par grand vent d'est, ajouter 0,7 pied (0,21 m par seconde ou 0,5 mille (804,50 m) à l'heure aux chiffres ci-dessus.

J'estime que la formule de Weisbach est celle qui se rapproche le plus de la réalité dans le cas qui nous occupe.

On a noté plus haut les objections que soulève celle de Bazin; celle de Kutter s'applique plutôt à un cours d'eau très long qu'à un canal court.

Bien à vous.

Signé : Thos. C. J. Baily, jeune.

Par le docteur Harris :

Évaluation de la vitesse du courant dans le Canal maritime du cap Cod.

On peut tirer du traité de Mécanique de Weisbach, paragraphes 427 et 475, la formule suivante pour un canal court :

$$V = \sqrt{2g\,(h_1 - h_2)}\,\sqrt{\frac{1}{1 - z\,\frac{p}{F}}}$$

dans laquelle :

$h_1\, h_2$ = les hauteurs simultanées de la surface aux deux extrémités du canal;
F = la superficie de la coupe;
1 = la longueur du canal;
p = le rayon du périmètre humecté;
z = un nombre empirique = 0,007565 selon Eytelwein.

Le paragraphe 476 indique des valeurs variées de z pour des vitesses variées.

$$V = 8.02\,\sqrt{h_1 - h_2}\,\sqrt{\frac{1}{1 - 0{,}007565\,\frac{p}{F}}}.$$

D'après la Table des Marées, les marées à Sandwich sont :

Intervalle de pleine mer. .	11 h. 32 m.
— mer basse . .	5 h. 20 m.
Dénivellement moyen . . .	9,7 pieds (2,95 m).

et au port de Pocasset :

Intervalle de pleine mer. .	7 h. 50 m.
— mer basse . .	0 h. 55 m.
Dénivellement moyen . . .	4,1 pieds (1,24 m).

La plus grande différence de hauteur pour un courant vers l'ouest se présente, d'après les données ci-dessus, peu de temps après la pleine mer à Sandwich (baie de Barnstable) et s'élève à environ 6 pieds (1,82 m).

On peut prendre ce chiffre comme étant la valeur de $h_1 - h_2$.

Donc $$\sqrt{h_1 - h_2} = \sqrt{6} = 2,45.$$

$$8,02 \times 2,45 = 19,65.$$

19,65 pieds par seconde serait la vitesse si le canal était très court et s'il n'y avait pas de résistance.

Ici $1 = 8$ milles $= 42.240$ pieds,

$$\text{et } \frac{F}{p} = \text{environ 20 pieds, d'où } \frac{p}{F} = \frac{42.240}{20} = 2.112.$$

$$z \times \frac{p}{F} = 0,007565 \times 2.112 = 15,98.$$

$$\sqrt{1 + 15,98} = \sqrt{16,98} = 4,12.$$

$$\text{d'où } V = \frac{19,65}{4,12} = 4,8 \text{ pieds par seconde (1,46 m).}$$

$= 3,3$ milles statutaires à l'heure (5,309 km).

$= 2,8$ milles marins.

La formule de Chezy est :

$$V = c\sqrt{\text{rayon hydraulique} \times \text{pente}}.$$

$$= c\sqrt{20} \times \sqrt{\frac{6}{42,240}}.$$

$$= c\ 4,47 \times \sqrt{\frac{2,45}{42,240}}.$$

$$= c\ 4,47 \times \sqrt{\frac{2,45}{205,5}}.$$

$$= c\ 4,47 \times 0,012.$$

$$= c\ 0,0536.$$

c est pris de 90 à 100.

Afin de présenter plus clairement ce problème très intéressant et très spécial, on a joint à ceci (1), les courbes de marées telles qu'elles sont établies par le Bureau d'Études topographiques des Côtes du Gouvernement des États-Unis.

Il y a environ deux ans, l'auteur entreprit de se faire une certitude sur ce que sont en réalité les conditions dans les grandes voies navigables du monde, tant marines que fluviales.

Il essaya d'obtenir le concours d'un personnel dans les Bibliothèques de la Société des Ingénieurs civils d'Amérique et de l'Institut des Ingénieurs civils de la Grande-Bretagne, à Londres. Mais l'étendue des recherches fut, soit au delà des capacités des bibliothécaires, soit trop absorbante : ces messieurs étaient trop pris par leur besogne régulière pour pouvoir donner le temps nécessaire au travail que l'auteur leur demandait.

Celui-ci s'assura alors les services d'un expert enquêteur à Washington, district de Colombie, qu'il avait déjà employé à des recherches spéciales.

Ce technicien est M. Thos. C. J. Baily jeune, Ingénieur civil au Ministère du District de Colombie.

Il avait de rares avantages et des facilités exceptionnelles pour cette mission, outre l'habitude de ce genre d'études acquise au cours de nombreux travaux similaires antérieurs. Les excellentes bibliothèques des différents Ministères des États-Unis lui étaient ouvertes, ainsi que la Bibliothèque du Congrès. Mais une aide plus importante encore lui vint de par l'extrême courtoisie de l'officier Commandant en chef le Génie de l'Armée américaine et de ses subordonnés éparpillés dans le pays entier. Tous se mirent allègrement à l'œuvre et fournirent des données de grande valeur et pour la plupart inédites sur les ports importants dont ils ont la direction.

Le lecteur s'en rendra compte à mesure qu'il parcourra le rapport.

Le signataire de ces lignes se joint à M. Baily pour exprimer sa haute appréciation du concours qu'ont apporté ces messieurs, concours sans lequel il n'eût pas été possible de présenter la question de la manière très complète et très pratique qui suit.

Il n'avait d'abord eu l'intention de ne faire qu'un résumé synoptique du mémoire que M. Baily lui a adressé, mais, à l'examiner avec soin, il s'est convaincu qu'il fallait le publier

(1) Planche 125.

tout entier. En conséquence, et avec le désir que M. Baily en ait tout le crédit, on donnera *in extenso* et dans ses termes mêmes, son rapport avec quelques légers changements.

Les Ingénieurs hydrauliciens apprécieront à leur valeur les tableaux qui l'accompagnent (1). Dans les tableaux A et B les numéros des différentes voies marines et fluviales correspondent aux numéros des chapitres où il en est traité dans le texte descriptif; en s'y reportant on trouvera dans ce dernier le développement des données résumées dans ces tableaux.

Voici donc, sans plus ample discussion, sans autres explications, le rapport de M. Baily.

On fera remarquer seulement que ses données et les conclusions très rationnelles qu'il en a tirées témoignent de la justesse de l'opinion à laquelle l'auteur de ce mémoire s'était arrêté il y a dix ans, à savoir que non seulement les courants que l'on doit s'attendre à trouver dans le canal maritime du cap Cod ne seront pas plus vifs que ceux qui existent dans un grand nombre d'autres voies navigables dans différentes parties du monde, voies où un trafic commercial énorme se manie avec sécurité et commodité, mais qu'ils constituent véritablement une force naturelle bienfaisante qui aidera à l'entretien du canal en empêchant les dépôts et les ensablements, et en le maintenant libre de glaces pendant les mois d'hiver.

L'auteur indiquera encore — cela a une portée directe sur le présent problème — que les autorités viennent de déclarer admissible un courant de 4 milles (6,636 km) à l'heure dans le canal pour chalands de 1 000 t que va construire l'État de New-York, canal qui sera en grande partie une rivière canalisée.

(1) Pages 259, 260 et 261, et tableaux A et B hors texte.

II

RAPPORT

PRÉSENTÉ A M. E. L. CORTHELL PAR M. T. C. J. BAILY

MONSIEUR E. L. CORTHELL,

Ingénieur consultant, 1, Nassau Street, New-York City.
1208, Lydecker Avenue, Washington D. C.

CHER MONSIEUR, *17 février 1905.*

Selon vos instructions écrites du 2 mars 1904 et les instructions verbales que vous m'avez données à la Maison Colorado, à Washington, en décembre dernier, j'ai l'honneur de vous soumettre ci-joint un rapport intitulé « Conditions hydrauliques des grandes voies navigables du monde ».

Votre intention était d'abord que les renseignements fussent fournis simplement sous forme de tableaux ; mais, à la suite de notre entretien à la Maison Colorado, il a été décidé que la masse de renseignements découverts, renseignements qu'il serait impossible de tabulariser tous, ne devait être perdue ni pour vous-même, ni pour l'ensemble des membres de notre profession.

Les pages suivantes contiennent, en conséquence, un exposé du régime des différentes routes d'eau, et les tableaux qui figurent à la fin ne donnent qu'un résumé des traits principaux. Pour l'étude détaillée d'une voie navigable quelconque, il convient de se reporter au texte même du rapport. Des renvois numérotés rendent la référence facile.

Il ne m'a fallu que quelques jours de recherches pour constater ce dont je me doutais déjà, à savoir qu'il n'a été jusqu'ici publié que relativement peu de renseignements sur les vitesses des courants des différentes routes d'eau, surtout en ce qui concerne les voies navigables de l'Amérique. On a fait d'innombrables mesurages des cours d'eau de notre pays, soit en vue de leur amélioration, soit dans le but d'obtenir des coefficients de

débit; mais, dans la majorité des cas, les rapports publiés ne sont pas assez complets pour permettre de déterminer même l'endroit exact où se modifie le cours d'une rivière. Aucun fleuve du monde n'a, sans doute, été plus soigneusement et systématiquement mesuré que le Mississipi par la Commission du fleuve Mississipi, et les rapports de cette Commission sont excellents. Il en est de même du rapport du général Theo. Ellis sur le jaugeage et la navigabilité du Connecticut. Eh bien, que l'on ouvre le journal *Engineering News*, du 12 janvier 1905, et l'on verra sous quelle forme trop souvent un travail de cette importance est livré au public.

Par bonheur, nos confrères étrangers connaissent les besoins de l'Ingénieur, et ont le talent d'y répondre en termes précis. Si j'ai trouvé peu de renseignements sur les voies navigables d'Amérique au Ministère de la Guerre, au Bureau d'Hydrographie, au Bureau de Topographie des Côtes, à la Bibliothèque du Congrès, j'y ai, par contre, rencontré d'abondantes données sur les fleuves et les ports de l'Europe.

Dans ces conditions, la seule méthode était d'aller aux sources; c'est ce que j'ai fait en écrivant aux officiels qui dirigent les travaux dans les différentes localités. Leurs réponses m'ont fourni la plus sûre, la plus précieuse documentation qui ait jamais été réunie sur cet important sujet; cette documentation est incorporée au présent rapport.

Je dois des remerciements aux personnes et corporations dont les noms suivent, pour l'aide immense dont elles m'ont été dans ce travail. Sans leur concours si courtoisement accordé, les résultats eussent été maigres et de peu de certitude; grâce à lui, le but a été atteint. Je les en remercie bien sincèrement.

M. D. P. Austin, chef du Bureau des Statistiques au Ministère du Commerce et du Travail à Washington, D. C.;

M. E. T. Chamberlain, commissaire de la Navigation, à Washington D. C.;

M. O. H. Tittman, directeur du bureau de Topographie des côtes et de Géodèsie des États-Unis, à Washington D. C.

M. A. C. Williams, de la Commission d'entretien de la Dee, à Chester, Angleterre;

M. Anthony J. Lyster, Ingénieur en chef des Docks de la Mersey, à Liverpool, Angleterre;

M. W. Bell Dawson, Ingénieur en chef du Service des Marées, à Ottawa, Canada;

La Commission des Ports, à Montréal, Canada;

M. A. W. Robinson, Ingénieur consultant, à Montréal, Canada;

Le docteur H. S. Pritchett, membre de la Commission des écluses de la rivière Charles, à Boston, Mass.

Les officiers du génie de l'armée américaine suivants :

Le général de brigade Alexander Mackenzie, commandant le génie;

Feu le lieutenant-colonel A. M. Miller;

Le lieutenant-colonel Wm. H. Heuer;

Le lieutenant-colonel Wm. S. Stanton;

Le lieutenant-colonel Chas. F. Powell;

Le lieutenant-colonel R. L. Hoxie;

Le lieutenant-colonel Wm. L. Marshall;

Le major Wm. C. Langfitt;

Le major James C. Sanford;

Le capitaine Edger Jadwin;

Le capitaine George P. Howell;

Le capitaine Edward H. Schultz;

Le capitaine George M. Hoffman.

Ce rapport n'a pas la prétention d'épuiser le sujet. On y a étudié avec soin une quarantaine des plus grandes voies de navigation du monde, et cela dans un but défini, celui d'arriver à la relation quasi mathématique entre la navigation et les courants (1).

(1) Il importe de se souvenir que M. Baily a recueilli ses données, si généralement inédites, à différentes sources qu'il indique d'ailleurs avec beaucoup de précision.

Or, ces sources sont très variées : il a correspondu avec des Ingénieurs de quantité de pays.

Au point de vue chiffres, deux divisions : (*a*) sources employant le système décimal; (*b*) sources ne l'employant pas.

M. Baily a pris assez souvent le soin de convertir lui-même les nombres fournis par ses autorités. Partout le traducteur a mis à côté de la notation du pays d'origine l'équivalent métrique, et, ce faisant, il a cru devoir adopter le barème suivi par M. Baily. Il ne lui appartenait pas de modifier les calculs de l'auteur, et, s'il s'était servi pour les siens d'un barème différent, l'ensemble eût manqué d'unité. — Les quelques précisions suivantes permettront aux esprits exacts d'obtenir la rigueur mathématique.

En Amérique, on compte par pieds et dixièmes de pied; en Angleterre par pieds et pouces ou douzièmes de pied.

Le pied anglais et américain équivaut à 0,30479449 m. On a négligé les cent millièmes.

Le pouce anglais est de 0,02539954 m. On l'a compté comme valant 0,0254 m.

Les deux tables ci-annexées faciliteront la lecture des mesures en pieds, dixièmes de pied et pouces.

Dans le texte, un pied un dixième est écrit : pied 1,1 ; un pied un pouce 1 pied 1 pouce.

Le yard est de 0,91438348 m. On a négligé les millimètres.

Le mille statutaire anglais est de 1 609,3149. On a négligé les décimètres.

Le mille marin anglais et américain est de 2 029 yards ou 1846,39 m d'après certains

Il ressort de cette étude un certain nombre de vérités générales ou axiomes, confirmés d'ailleurs par la connaissance que l'auteur possède personnellement de quantité des voies navigables examinées ici et par les conversations qu'il a eues avec de nombreux pilotes, hommes de mer et navigateurs.

1° Le maximum de courant que l'on peut admettre pour qu'une voie soit navigable, a pour facteurs : la largeur, la profondeur, l'alignement, la nature des rives et du fond, la nature et la quantité de la batellerie, la périodicité et la durée du maximum de vitesse, la nature de l'embouchure ou entrée, la force et la direction des vents habituels;

2° La vitesse du courant est relativement loin d'être un facteur aussi important que la profondeur, la largeur, l'alignement et la facilité d'accès ;

3° Ce sont, dans bien des cas, les voies navigables les plus grandes qui ont les plus forts courants ;

4° Les courants de marée sont beaucoup moins gênants que

auteurs; d'autres lui donnent pour valeur 1 729,56 m. Le mille marin français serait de 1 754 m selon les uns, de 1 851,96 m selon d'autres et de 1 800 m selon d'autres encore.

On lit dans les *Mémoires et Comptes rendus des travaux de la Société des Ingénieurs civils de France*, vol. LXXXI, parmi les réponses aux questions transmises par la Chambre de Commerce Américaine de Paris, réponses rédigées par une Commission sous la présidence de M. Bodin :

« Dans la navigation, il ne faut pas confondre le nœud et le mille marin... Lorsqu'un » navire jette par-dessus bord une ligne appelée loch et que sur cette corde, que l'on » file, il passe un certain nombre de nœuds distants de 15,43 m (120me partie du mille) » en une demi minute (120me partie de l'heure), il en résulte qu'autant il aura passé de » nœuds sur la corde en une demi minute, autant de fois le navire aura parcouru de » milles en une heure. »

Mais la distance entre les nœuds est-elle de 15,43 m ?

D'après Larousse, elle est de 15 m.

D'après la Grande Encyclopédie, elle est de 15,43 m réduite à 14,61 m et ces chiffres sont ceux adoptés par l'Encyclopédie Britannique.

D'après le dictionnaire technologique de C. Dill, E. von Hoyer et E. Rohrig. elle serait :

Pour le nœud	anglais	pratique	14,224 m.
—	—	théorique	14.413
—	français	pratique	14,618
—	—	théorique	15,433

On voit que pour la Commission d'Ingénieurs civils présidée par M. Bodin, pour la Grande Encyclopédie, l'Encyclopédie Britannique et MM. C. Dill, E. von Hoyer et E. Rohrig, le nœud théorique français serait de 15,43 m ou 15,433 m, ce qui, multiplié par 120, donne pour le mille marin : 1 851,60 m et 1 851,96 m respectivement.

Il est courant de compter 1852 m.

Cependant M. Baily a admis 15 m pour la distance entre les nœuds du loch, ce qui duit le mille marin à 1 800 m (voir le barème de conversion page 258).

Le traducteur a cru devoir respecter cette opinion sous bénéfice d'un avertissement au cteur. A celui-ci d'ajouter aux chiffres de l'auteur autant de de fois 52 m qu'il y a de œuds, s'il préfère l'autre évaluation.

Remarquons en terminant que, par une inexactitude relevée par la Commission mais ssée dans l'usage, quand on lira dans ce travail : tel navire file tant de *nœuds* à l'heure, el courant est de tant de *nœuds*, c'est tant de *milles marins* parcourus à l'heure qu'il faut

ceux des fleuves à cause de la brièveté de la durée du maximum de vitesse des premiers en comparaison des autres et à cause aussi de l'inversion de direction par suite du flux et du reflux, phénomène qui permet aux capitaines de navires de tirer parti du sens de la dérive ;

entendre, c'est-à-dire autant de fois 1852 m ou 1800 m, selon que l'on se sera rallié à l'une ou l'autre base d'évaluation.

Les autres mesures ne présentent pas de difficultés.

Tandis que la brasse française est de 1,624 m, le fathom ou brasse anglaise est de 6 pieds anglais, ou 1,8282 m. On a négligé les millimètres en convertissant les fathoms.

Table de conversion des pieds et dixièmes de pied en mètres
(Manière américaine de compter)

Pieds.	Mètres.	Pieds.	Mètres.	Pieds.	Mètres.	Pieds.	Mètres.	Pieds.	Mètres.
0,1 =	0,03047	2,0 =	0,60940	4,0 =	1,21880	6,0 =	1,82820	8,0 =	2,43760
0,2	0,06094	2,1	0,63985	4,1	1,24927	6,1	1,85867	8,1	2,46807
0,3	0,09141	2,2	0,67034	4,2	1,27974	6,2	1,88914	8,2	2,49854
0,4	0,12188	2,3	0,70081	4,3	1,30821	6,3	1,91961	8,3	2,52901
0,5	0,15235	2,4	0,73128	4,4	1,34068	6,4	1,95008	8,4	2,55948
0,6	0,18282	2,5	0,76175	4,5	1,37115	6,5	1,98055	8,5	2,58995
0,7	0,21329	2,6	0,79222	4,6	1,40162	6,6	2,01102	8,6	2,62042
0,8	0,24376	2,7	0,82269	4,7	1,43209	6,7	2.04149	8,7	2,65089
0,9	0,27423	2,8	0,85316	4,8	1,46256	6,8	2,07196	8,8	2,68136
		2,9	0,88363	4,9	1,49303	6,9	2,10243	8,9	2,71183
1,0 =	0,30470	3,0 =	0,91410	5,0 =	1,52350	7,0 =	2,13290	9,0 =	2,74230
1,1	0,33517	3,1	0,94457	5,1	1,55397	7,1	2,16337	9,1	2,77277
1,2	0,36564	3,2	0,97504	5,2	1,58444	7,2	2,19384	9,2	2,80324
1,3	0,39611	3,3	1,00551	5,3	1,61511	7,3	2,22431	9,3	2,83371
1,4	0,42658	3,4	1,03598	5,4	1,64538	7,4	2,25478	9,4	2,86418
1,5	0,45715	3,5	1,06645	5,5	1,67585	7,5	2,28525	9,5	2,89325
1,6	0,48752	3,6	1,09692	5,6	1,70632	7,6	2,31752	9,6	2,92512
1,7	0,51799	3,7	1,12739	5,7	1,73679	7,7	2,34619	9,7	2,95559
1,8	0,54846	3,8	1,15786	5,8	1,76726	7,8	2,37666	9,8	2,98606
1,9	0,57893	3,9	1,18833	5,9	1,79773	7,9	2,40713	9,9	3,01653

Au moyen de cette table il est simple de calculer rapidement l'équivalence en mètres d'un nombre de pieds donné.

Exemple : quel est l'équivalent en mètres de pieds 65,8?

La table nous donne pieds 6,5 = 1,98055, donc 65 = dix fois plus ou	19,80550
— — — 0,8 = 0,24376 ; ajoutons ces 84 dixièmes .	0,24376
Pieds 65,8 égalent 20,04926 m	20,04926

ce qui pour les évaluations de ce travail est d'une précision suffisante.

Table de conversion des pieds et pouces en mètres
(Manière anglaise de compter)

Pieds.	Mètres.	Pieds.	Mètres.	Pouces.	Mètres.	Pouces.	Mètres.
1 =	0,3047	6 =	1,8282	1 =	0,0254	7 =	0,1778
2	0,6094	7	2,1329	2	0,0508	8	0,2032
3	0,9141	8	2,4376	3	0,0762	9	0,2286
4	1,2188	9	2,7423	4	0,1016	10	0,2540
5	1,5235			5	0,1270	11	0,2794
				6	0,1524	12	0,3048

Se servir du tableau précédent pour la conversion des pieds en mètres et ajouter l'équivalent en centimètres du nombre de pouces. *(Note du traducteur.)*

5° Dans un canal ou un fleuve où la marée se fait sentir, l'état du port extérieur et la facilité d'accès sont des facteurs plus importants que les courants du canal ou du fleuve lui-même. Le canal maritime de Corinthe en est une preuve ;

6° Là où les courbes sont douces, un courant de 5 nœuds (9 km) à l'heure n'est pas un obstacle à la navigation soit de haute mer, soit côtière. Le Saint-Laurent, la Rivière de l'Est et la Mersey en sont des preuves ;

7° Pour la navigation fluviale, le halage par remorqueurs à contre-courant devient trop onéreux quand le courant dépasse 5 nœuds (9 km) sur une grande longueur et, pour les rivières qui sont dans ce cas, on doit recourir à la traction par chaine, câble ou trolley. Toutefois, de pareils courants n'interdisent pas la navigation à vapeur.

On a tiré des tableaux les conclusions suivantes :

Dans les cours d'eau où l'on emploie des procédés spéciaux de traction à contre-courant (le Rhin, l'Elbe, le Rhône), le maximum moyen de vitesse du courant est de 9,1 nœuds (16,380 km).

Le maximum moyen de vitesse de onze cours d'eau à navigation intense et où on ne se sert pas de moyens de traction spéciaux est de 4,8 nœuds (8,640 km).

Le maximum moyen de vitesse de trente-trois routes d'eau à grande navigation de haute mer ou côtière où les vitesses des courants ne sont pas dangereuses est de 3,9 nœuds (7,120 km).

Le maximum de vitesse — hors les mascarets — dans une voie où passent les navires de haute mer est de 8 nœuds (14,400 km). On a relevé ce chiffre près de la Pointe Hallett, dans la Rivière de l'Est, bien que le courant n'y soit fréquemment que de 5 à 6 nœuds (9 à 10,800 km).

Le maximum de courant dans un canal maritime est de 4,5 nœuds (8,100 km). Ce chiffre a été relevé dans une partie du canal de Manchester. Pareil courant ne fait pas obstacle à la navigation.

Le maximum moyen de vitesse dans les canaux de Manchester, de Corinthe, de l'Empereur-Guillaume et de Suez est de 3,15 nœuds (5,670 km).

Dans l'espoir que les résultats de ces longues recherches vous satisferont, je demeure

Très respectueusement votre :

Signé : Thos. C. J. Baily jeune.

I

Golfe et Fleuve du Saint-Laurent (Canada).

Ce fleuve énorme sert de débouché aux Grands Lacs. C'est par son lit que leurs eaux se déversent dans le golfe du Saint-Laurent.

Le tableau suivant donne les distances :

	MILLES STATUTAIRES anglais	KILOMÈTRES
De Montréal à Trois-Rivières (limite de la navigation de haute mer et de pénétration de la marée)	86	138,374
De Trois-Rivières à Québec	74	119,066
De Québec au cap Chat	266	427,994
Du cap Chat au Cap Gaspé (embouchure du Saint-Laurent.	124	199,516
Du cap Gaspé à Belle-Isle (entrée du golfe du Saint-Laurent)	436	701,434

Marées.

De Montréal à Trois-Rivières le courant est entièrement fluvial. De Trois-Rivières à Bastican (18 milles — 28,962 km) les heures de marées sont irrégulières et la navigation ne peut songer à en profiter. Au-dessous de Bastican, toute la rivière subit le flux et le reflux.

Les chiffres suivants indiquant l'amplitude des marées ont été établis par la Commission d'étude des marées du Ministère de la Marine et des Pêcheries du Gouvernement Canadien :

	GRANDES MARÉES		MORTES EAUX	
	PIEDS	MÈTRES	PIEDS	MÈTRES
Trois-Rivières	1	0,3047		
Québec	17,5	5,33	12	3,65
Cap Chat	13	3,96	8	2,42
Bassin de Gaspé	5	1.52	3	0,91
Pointe Sud-Ouest de l'Ile Anticosti	6	1,82	4	1,21

Chenal.

Les dimensions votées pour le chenal de la rivière sont :

	PIEDS	MÈTRES	
Profondeur.	30	9,14	(chiffre pris lors des basses eaux, en 1897.)
Largeur minima . .	450	136,31	dans les parties droites.
	500 à 750	152,35 à 228,52	dans les courbes, lesquelles sont toutes de grand rayon.

On pousse activement le curage, et aujourd'hui les vaisseaux tirant 27 pieds et demi (8,37 m) peuvent remonter jusqu'à Montréal.

Navires.

En 1903, 802 vaisseaux de haute mer ont monté ou descendu la rivière. Le total du tonnage a atteint près de 1 900 000 t, y compris environ 500 000 t de trafic local par vapeurs.

Courants (*rivière*).

Le courant varie beaucoup dans toutes les parties de la rivière. Entre Montréal et Québec, les endroits où il est le plus fort sont : le courant Sainte-Marie dans le port de Montréal, le cap à la Roche et les Rapides Richelieu. Il est faible au lac Saint-Pierre. La moyenne générale est de 2,5 milles (4,022 km) à l'heure. A 40 milles (64,360 km) au-dessous de Montréal, la vitesse au milieu de la rivière est de 2,36 pieds (0,71 m) par seconde et de 1,25 pied (0,38 m) par seconde sur les rives.

M. A. W. Robinson, Ingénieur des Mines, Membre de la Société des Ingénieurs civils d'Amérique, domicilié 14, Phillips Square, à Montréal, déclare, dans un communiqué en date du 5 décembre 1904, que le courant varie par endroit de 0,5 à 5 et 6 milles par heure (de 804,50 m à 8,045 km et 9,654 km par heure).

A « la Traverse », au-dessous de Québec, sur une longueur d'environ 3 milles (4,82 km), le courant atteint parfois, aux époques des grandes marées, jusqu'à 7,5 nœuds (13,500 km) à l'heure.

COURANTS *(Golfe du Saint-Laurent).*

Le golfe du Saint-Laurent s'étend de la Pointe-des-Monts au détroit de Cabot, entre l'île du cap Breton et Terre-Neuve. Il s'ouvre sur l'Océan par ce détroit qui a une largeur de 65 milles (104,584 km) et une profondeur de 250 brasses (457 m), et par le détroit de Belle-Isle, qui a une largeur de 11 milles (17,990 km) et une profondeur de 30 brasses (54,84 m).

Dans cet espace se trouve un chenal profond qui part de l'embouchure de la rivière, passe devant la côte de Gaspé et, traversant le large golfe au nord des îles Madeleine, sort par le détroit de Cabot. Du détroit de Cabot, le chenal se prolonge vers le sud-est, jusqu'à l'Atlantique. Il y a aussi une branche de ce chenal qui pénètre sur une certaine distance dans le bras nord-est du golfe, vers Belle-Isle.

La profondeur de ce chenal s'accroît de 150 brasses à l'embouchure du Saint-Laurent, jusqu'à 250 brasses dans le détroit de Cabot (de 273 m à 457 m). C'est par lui que les marées entrent et pénètrent jusqu'à l'embouchure du Saint-Laurent d'où elles continuent, en augmentant toujours de hauteur, jusqu'à Québec. Au-dessus de Québec, l'amplitude de la marée décroît peu à peu et le flux cesse de se faire sentir près de Trois-Rivières.

Pour la description complète des courants de marée et de leurs causes dans le golfe, voir l'ouvrage intitulé *les Courants dans le golfe du Saint-Laurent*, publié en 1900, par le Ministère Canadien de la Marine et des Pêcheries, à Ottawa.

Les données suivantes sont extraites des rapports du Ministère Canadien de la Marine et des Pêcheries et nous ont été obligeamment fournies par M. W. Bell Dawson, Ingénieur, chef du Bureau d'études des marées :

		MILLES	KILOMÈTRES
Détroit de Belle-Isle	largeur	10 à 12	16.090 à 19,308
	longeur	35	56,315
	profondeur	30 brasses	54,84 m
Amplitude de la marée		4 pieds	1,21 m

Courant rarement de plus de 2 nœuds (3,600 km), variant de 1 à 2 nœuds (1,800 km à 3,600 km) pendant le flux à de 1,30 à

2,44 nœuds (2,340 km à 4,492 km) par heure pendant le reflux. On a observé par gros temps des courants de 0,54 à 3,15 nœuds (0,972 km à 5,570 km).

Ici le danger est de ne pas faire entrer en ligne de compte en faisant l'estime l'irrégularité des changements de marée.

Les Courants Gaspé, entre la pointe de Gaspé et l'île Anticosti forment un chenal large de 40 milles (64,360 km) et profond de 250 brasses (457 m). La vitesse maxima sur la côte de Gaspé (sud) se rencontre dans la partie parallèle au rivage, à 5 milles (8,045 km) au large. Elle est de 2,81 nœuds à l'heure (5,058 km). A 13 milles (20,917 km) au large, elle est de 1 nœud un tiers (2,377 km) et tombe à un demi-nœud (900 m) à 6 milles et demi (10,558 km) au large de l'île Anticosti.

Voici la description générale des courants du golfe : ces courants ont ordinairement une vitesse qui n'excède pas de 1 à 2 nœuds (1,800 km à 3,600 km). Il est rare qu'elle atteigne 3 nœuds (5,400 km). Ils sont affectés par les vents. Dans le détroit de Belle-Isle, les courants sont principalement des courants de marée : celui qui prédomine a une direction ouest; mais le vent influe d'une manière considérable tant sur leur direction que sur leur force. Les contre-courants sont rares.

Dans le détroit de Cabot les courants, bien que subissant l'influence du vent et celle de la marée, vont ordinairement vers le nord-ouest en contournant le cap Ray du côté de Terre-Neuve et, vers le sud, du côté du cap Breton; ce courant s'étend parfois sur toute la largeur du détroit. (Carte de l'Amirauté, n° 2516.)

Sur la route principale des vapeurs, entre le détroit de Belle-Isle et l'île Anticosti, et sur la plus grande partie de la surface du golfe, le courant est très variable : sa vitesse excède rarement 1 nœud (1800 m) et sa direction semble dépendre surtout du vent. Son instabilité nécessite de la part des capitaines de navires la plus grande prudence. Les seuls courants du golfe qui coulent avec quelque constance pendant la saison où l'on navigue sont un courant nord-est de moins de 1 nœud (1 800 m) à l'heure, au large de la côte ouest de Terre-Neuve, entre la baie Bonne et la pointe Rich, et un courant vers l'est, entre l'entrée du fleuve Saint-Laurent et l'extrémité ouest d'Anticosti, courant qui tourne vers le sud autour du cap Gaspé ; mais ces courants sont ralentis et peuvent même être invertis quand un vent fort souffle à l'encontre.

On trouve des courants de plus d'un nœud dans les détroits

de Belle-Isle et de Cabot, dans le détroit de Northumberland, au large de la côte de Gaspé, dans le Boyau de Canso et par endroits dans les passes entre les îles et les embouchures des rivières.

Les courants de marée les plus forts sont les suivants :

A l'Islet, dans les passes supérieure et inférieure, 7 nœuds et demi (13,500 km) lors des grandes marées ;

Bas Saint-Laurent, dans les passes supérieure et inférieure, 5 à 6 nœuds (9 à 10,800 km) ;

Boyau de Canso, dans les passes supérieure et inférieure, 4 nœuds (7,200 km) ;

Partie la plus étroite du détroit de Northumberland, 3 nœuds (5,400 km) ;

Courant Gaspé, dans les passes supérieure et inférieure, 1 à 2,8 nœuds (1,800 km à 5,040 km) ;

Détroit de Belle-Isle, maximum par grand vent, 3,15 nœuds (5,670 km) vers la terre ;

Détroit de Belle-Isle, maximum par grand vent, 2,50 nœuds (4,500 km) vers le large.

RÉCAPITULATION

EMPLACEMENT	PIEDS à la seconde	NŒUDS à l'heure	MÈTRES à la seconde	KILOMÈTRES à l'heure	OBSERVATIONS
Haute rivière	4 »	2,4	1,22	4,40	moyenne
A 40 milles au-dessus de Montréal	2,4	1,4	0,73	2,60	»
Le courant varie :					
Dans la haute Rivière.	0,82 à 9	0,5 à 5,3	0,25 à 1,62	0,90 à 5,80	M A.W. Rob[illegible]
Les Traverses.	12,5	7,5	3,81	13,70	Sur 3 milles
Bas Saint-Laurent	8,3 à 10	5 » à 6 »	2,50 à 3 »	9 à 10	Grandes marées
Golfe :					
Détroit de Belle-Isle { vers la terre.	5,25	3,15	1,60	5,80	»
Détroit de Belle-Isle { vers le large.	4,17	2,5	1,27	4,60	»
Courant Gaspé	1,67 à 4,8	1 » à 2,8	0,51 à 1,46	1,80 à 5,20	»
Détroit de Cabot	0,83 à 3,75	0,5 à 2,25	0,25 à 1,12	0,90 à 4 »	»
Détroit de Northumberland . . .	5 »	3 »	1,52	5,50	maximum
Boyau de Canso	6,67	4 »	2,03	7,30	»
Reste du golfe	1,67	1 »	0,51	1,80	environ

Dangers résultant des courants.

Dans les détroits étroits du golfe, l'incertitude du moment où se produit le changement de marée rend nécessaire la plus grande prudence de la part des navigateurs. Cependant les courants y sont en général peu violents.

Dans les « Traverses », les puissants vapeurs de haute mer sont peu gênés, mais les voiliers doivent jeter l'ancre pour attendre le changement de marée.

Dans la rivière principale, déclarent à la fois M. Dawson et M. Robinson, les courants ne font pas courir de dangers, les plus grands vapeurs prennent les tournants à toute vitesse.

Les sources auxquelles j'ai puisé ma documentation sont les suivantes :

Les divers Rapports sur les marées et les courants dans le golfe du Saint-Laurent préparés par les soins du Bureau du Ministère Canadien de la Marine et des Pêcheries dont M. W. Bell Dawson est le chef ;

De précieuses données de toute nature fournies par M. Dawson et par M. A. W. Robinson, Ingénieur-Conseil, de Montréal (Canada) ;

Une excellente carte donnant les alignements et l'état du chenal du Saint-Laurent entre Montréal et Québec, qu'ont très courtoisement mise à ma disposition les Commissaires du port de Montréal ;

Le journal *Engineering News*, du 28 juillet 1904.

II

Port de Portland, État de Maine (États-Unis).

La ville de Portland est située sur le port de ce nom, baie profonde et commode, bien abritée des tempêtes.

La marée moyenne y est de 8,8 pieds (2,68 m); les grandes marées de 10,1 pieds (3,07 m), celles de morte eau de 7,3 pieds (2,22 m) et celles d'équinoxe de 9,9 pieds (3,01 m).

Chenal.

A l'entrée du port, entre le phare de Portland Head [1] et l'île Cushing, 30 à 60 pieds (9,14 m à 18,28 m) de profondeur à marée basse moyenne; par le travers du Fort Preble, les profondeurs sont de 45 à 57 pieds (13,71 m à 17,36 m). Dans Back Cove [2], au nord de la ville, 24 à 30 pieds (7,31 m à 9,14 m) jusqu'au pont du chemin de fer Grand Trunk et dans la Fore River [3] 30 pieds (9,14 m) jusqu'au pont de Portland. On projette de donner 30 pieds (9,14 m) à la totalité du port. Le maximum de tirant d'eau que puisse avoir un navire entrant à marée basse moyenne est de 30 pieds (9,14 m).

Courants.

Les maxima de vitesse des courants ci-dessous sont extraits de la carte du Bureau Topographique des Côtes, 1903 :

	PIEDS A LA SECONDE	NŒUDS A L'HEURE	MÈTRES A LA SECONDE	KILOMÈTRES A L'HEURE
Entrée principale :				
Reflux	0,67	0,4	0,20	0,7
Flux	0,83	0,5	0,25	0,9
Par le travers du Fort Preble :				
Reflux	1 »	0,6	0,30	1,1
Flux	0,83	0,5	0,25	0,9
En 1872, le Bureau a trouvé les courants suivants dans la Fore River :				
Reflux	2,2	1,3	0,67	2,4
Flux	2 »	1,2	0,61	2,2

(1) Pointe de Portland.
(2) Anse postérieure.
(3) Rivière antérieure.

Mouvement.

En 1902, les débarquements et embarquements ont été de 2224091 t.

Classification des navires.

ÉTRANGERS	ARRIVÉES ET DÉPARTS	CABOTEURS	ARRIVÉES ET DÉPARTS	
		Vapeurs.		
Tirant d'eau environ 28 pieds (8,53 m) . . .	91	Tirant 20 pieds (6,09 m). .	2 500 t	342
2 000 t et au-dessus . . .	342	— 15 à 18 p. (4,57 à 5,48)	1 600 à 2 000 t. . .	1 182
Moins de 2 000 t.	7	— 12 pieds (3,65 m) . .	1 300 t environ . .	4 301
		— 10 pieds (3,04 m) . .	. . . .	285
		Moyen tirant 6 p. (1,82 m).	75 t et moins . . .	12
		Voiliers.		
Moyenne : 265 t	429	700 à 2 400 t	. . . .	103
		Tirant 16 pieds (4,87 m). .	150 à 400 t	98
		— 6 pieds (1,82 m). .	75 t et moins . . .	56
			Chalands	13
A marée basse moyenne, les navires tirant jusqu'à 30 pieds (9,14 m) peuvent entrer.				

Dangers dus aux courants.

Les courants sont faibles et parallèles au chenal. Ils ne présentent pas de dangers à la navigation.

III

Port de Boston. (États-Unis).

Description.

Le port de Boston consiste en un port intérieur et en un port extérieur réunis par un passage profond, et l'un et l'autr efacilement accessibles du côté de la mer, par un chenal séparé qui s'élargit en rade profonde et spacieuse.

Le port intérieur est au nord et à l'ouest de l'île Longue, et possède d'excellents ancrages bien abrités (42 à 80 pieds (12,79 m à 24,37 m) de fond à marée basse moyenne, tant dans la rade du Président au nord de l'île Longue, et au large de la barre inférieure du milieu, que près de la ville et à l'ouest de la barre supérieure du milieu. Dans ce bassin se jettent les rivières Charles, Mystic, Chelsea et Neponset.

Le port extérieur s'étend au sud et à l'est de l'île Longue. Il y a d'excellents ancrages dans la rade Nantasket (45 à 60 pieds, 13,71 m à 18,28 m de fond, à marée basse moyenne), et dans la baie de Hingham. Le trait d'union entre ces deux ancrages et le port intérieur est le « Main Ship Channel » (Chenal maritime principal).

Échelle des Marées.

Moyenne		Grande marée		Morte eau		Équinoxe	
Pieds	Mètres	Pieds	Mètres	Pieds	Mètres	Pieds	Mètres
9,6	2,91	11	3,34	8,1	2,43	10,4	3,16

Chenaux.

Trois chenaux praticables aux navires, mènent de la mer à la rade du Président. Celui du nord « Broad Sound Channel n° 3 » (1) doit, aux termes de la loi de 1902, être creusé sur une largeur de 1 500 pieds (457 m), à une profondeur de 35 pieds (10,66 m),

(1) Chenal du large Sund ou détroit.

à marée basse moyenne. Il pénètre dans la rade du Président par une courbe courte de 4 000 pieds, 1 218 m, de rayon. On est en train de le draguer (1905).

Le « Broad Sound Channel » s'ouvre en ligne droite sur la rade du Président. Il a 1 200 pieds (365 m) de large et 30 pieds (9,14 m) de profondeur à marée basse moyenne (loi de 1899). En un seul point il fait un angle d'environ 45 degrés.

Le « Lower Main Ship Channel » (1) (loi de 1892), s'étend dans une direction générale est à partir de la rade du Président. Il a trois angles dont le plus grand est de 25 degrés. Ses dimensions doivent être de 1 000 pieds (304 m) de large et 27 pieds (8,22 m) de profondeur à marée basse moyenne.

Le chenal qui unit la rade du Président aux entrepôts doit avoir, d'après les dispositions de la loi de 1902, 1 200 pieds (365 m) de large et 35 pieds de profondeur à marée basse moyenne. Son angle le plus aigu est d'environ 25 degrés.

Courants.

Les courants du port de Boston ont été mesurés avec soin dans la seconde moitié de 1902, par les Ingénieurs de la Commission des barrages de la rivière Charles, dans le but de déterminer l'effet probable de la construction d'un barrage au travers de la rivière Charles sur les conditions générales du port. Les chiffres donnés ici sont en grande partie tirés de l'excellent rapport de cette Commission. Les courants sont dus à la marée seulement.

Secteur du bac entre Boston et Boston-est.

Largeur du chenal : 1 700 pieds (517 m); profondeur maxima à marée basse moyenne : 40 pieds (12,18 m).

PROFONDEUR DE PLONGÉE DE L'ENREGISTREUR	MAXIMUM DE VITESSE			
	PIEDS à la seconde	NŒUDS à l'heure	MÈTRES à la seconde	KILOMÈTRES à l'heure
3 pieds (0,91 m) . . .	1,9	1,14	0,58	2,09
12 pieds (3,65 m) . . .	2,4	1,44	0,73	2,63
A mi-fond	2,5	1,50	0,76	2,74
2/3 du fond.	2,2	1,32	0,67	2,41
Près du fond	1,5	0,90	0,46	1,66

(1) Chenal maritime principal inférieur.

Secteur de l'île du Gouverneur,
entre l'île du Gouverneur et l'île du Château.

Largeur du chenal : 1 200 pieds (365 m); profondeur au moment des observations : environ 25 pieds (7,61) au-dessous du niveau de la marée basse moyenne.

PROFONDEUR DE PLONGÉE DE L'ENREGISTREUR	MAXIMUM DE VITESSE			
	PIEDS à la seconde	NŒUDS à l'heure	MÈTRES à la seconde	KILOMÈTRES à l'heure
2 pieds (0,60 m)	2,6	1,56	0,79	2,84
8 pieds (2,43 m)	2.9	1,74	0,88	3.17
A mi-fond	2,5	1,50	0,75	2,74
2/3 du fond	2 »	1,20	0,61	2,20
Près du fond	1,4	0,80	0,43	1,55

Ces vitesses étaient réduites à un maximum de moins d'un pied (0,30 m) par seconde, à la jetée de l'Indépendance.

Secteur de l'île du Daim, entre l'île du Daim et l'île Longue,
à travers la partie est de la rade du Président.

Largeur du chenal : environ 2 500 pieds (761 m); maximum de profondeur à marée basse moyenne : 72 pieds (21,93 m).

PROFONDEUR DE PLONGEE DE L'ENREGISTREUR	MAXIMUM DE VITESSE			
	PIEDS à la seconde	NŒUDS à l'heure	MÈTRES à la seconde	KILOMÈTRES à l'heure
3 pieds (0,91 m)	3,7	2.22	1,13	4,07
à 1/3 du fond.	4 »	2.40	1.22	4,39
A mi-fond	4,1	2,46	1,25	4.50
A 2/3 du fond.	3,2	1.92	0.98	3,53
Près du fond	2.8	1,68	0,85	3,06

Ces vitesses étaient réduites à 0,2 pied (0,06 m) par seconde sur la rive de l'île Longue, et à 0,05 pied (0,15 m) par seconde, au phare de l'île du Daim. Le sens des observations est que les courants sont, dans l'ensemble, parallèles au chenal.

Le « Lower Ship Channel » a peu ou point de courant.

Le port de Boston est l'un des plus beaux du monde, et les courants de marée y affectent fort peu la navigation.

Commerce.

Pendant l'année qui s'est terminée le 31 décembre 1902, les importations ont été de 1 408 310 t et les exportations de 847 310 t.

Le tirant d'eau maximum d'un navire sortant a été de 30 pieds (9,14 m), et d'un navire entrant, 27 pieds (8,22 m),

Le total des départs de vapeurs pour l'Europe a été de 340.

Arrivées et départs pour l'année 1902.

ARRIVÉES			SORTIES		
CABOTEURS	ÉTRANGERS	TOTAL	CABOTEURS	ÉTRANGERS	TOTAL
8 516 (1)	1 898	10 414	2 396	1 648	4 044

(1) Sans compter 3 981 bateaux de pêche.

Tonnage. Année 1902.

ÉTRANGERS			CABOTEURS		
ENTRÉES	SORTIES	TOTAL	ENTRÉES	TONNAGE	TONNAGE TOTAL entrées et sorties
2 614 817	2 083 399	4 698 216	8 516	7 291 931	14 583 862

Sources. — Rapports annuels du Commandant du Génie ; M. le lieutenant-colonel du génie W. S. Stanton, de l'Armée américaine, Directeur des Améliorations du port de Boston ; Rapport de la Commission des barrages de la rivière Charles.

IV

Fleuve Connecticut (États-Unis).

Le fleuve Connecticut [1] a ses sources dans la partie septentrionale des États de New-Hampshire et de Vermont. Il leur sert de frontière, puis, coulant vers le sud à travers l'État de Massachusetts et celui de Connecticut, va se jeter dans le détroit de l'île Longue.

Marées.

La marée se fait sentir jusqu'à une courte distance au-dessus d'Hartford, à 49 milles (79,741 km) de l'embouchure.

L'échelle en est :

	MOYENNE		GRANDE MARÉE		MORTE EAU		ÉQUINOXE	
	PIEDS	MÈTRES	PIEDS	MÈTRES	PIEDS	MÈTRES	PIEDS	MÈTRES
Môle de Saybrook .	3,6	1,09	4,3	1,31	2,8	0,85	4,1	1,24
Bac de Lyme . . .	3,3	1 »	4 »	1,21	2,6	0,79	3,7	1,12
Middletown. . . .	1,5	0,45	1,8	0,54	1,2	0,36	1,8	0,54
Wethersfield . . .	0,9	0,27	1 »	0,30	0,8	0,24	1,2	0,36
Hartford	0,8	0,24	1 »	0,30	0,6	0,18	1 »	0,30

Courants.

COURANTS	PIEDS A LA SECONDE	NŒUDS A L'HEURE	MÈTRES A LA SECONDE	KILOMÈTRES A L'HEURE
Minimum.	1,67	1 »	0,51	1,84
Maximum.	6,67	4 »	2,03	7,31
Moyenne	3,33	2 »	1,01	3,13

Ces vitesses ont été aimablement fournies à l'auteur par M. le lieutenant-colonel du génie Chas. G. Powell de l'armée américaine et s'entendent de la partie du fleuve en aval d'Hartford.

(1) En indien Anonektakat, longue rivière ou « Rivière des Pins ». Elisée Reclus. *(Note du Traducteur).*

Chenal.

Le chenal a une largeur moyenne de 50 pieds (15,25 m) et une profondeur de 9 pieds (2,74 m) à marée basse moyenne. On projette de lui donner 400 pieds (121,88 m) de largeur et 12 pieds (3,65 m) sur la barre de Saybrock, puis, de là à Hartford, 100 pieds (30,47 m) de largeur et 9 pieds (2,74 m) de profondeur aux plus basses mers.

Commerce.

En 1900, il y a eu 1 400 entrées et sorties ; tirant d'eau de 6 à 12 pieds (1,82 m à 3,65 m) ; tonnage moyen de 100 à 1 600 t ; tonnage total, 700 000 t. — Charbon, pierre, matériaux de construction, marchandises variées transportées par vapeurs et schooners.

Difficultés de navigation.

Les courants ne gênent pas la navigation.

Au point de vue de l'étude hydraulique, on peut faire ici mention du rapport du général Theo. C. Ellis, inséré dans le Rapport Annuel du Commandant du Génie de l'armée américaine, année 1878, pages 252 à 392 ; il est accompagné de nombreuses cartes et courbes. Le général Ellis a été l'un des premiers à se servir d'un mesureur de courants avec enregistreur électrique. Ses observations ont toutes été faites dans la partie du fleuve où la marée ne se fait pas sentir, depuis les rapides à 16 milles (25,744 km) au-dessus d'Hartford en amont vers le nord. Il a trouvé des vitesses variant de 0,5 à 3,5 pieds (0,15 m à 1,06 m) à la seconde par fonds de 0,5 à 8 pieds (0,15 m à 2,43 m). La navigation, dans cette partie du fleuve, est insignifiante, mais le rapport est un classique pour l'Ingénieur hydraulicien et on le cite fréquemment.

V

Port et baie de New-York (États-Unis).

Géographie.

Le port de New-York consiste en quatre voies navigables distinctes. A l'ouest, entre New-York et les villes de Hoboken et de Jersey, coule l'Hudson. A l'Est, entre l'île Manhattan et Brooklyn, ce qu'on appelle la « East River » (1), profonde et rapide, joint le détroit de l'île Longue à la baie de New-York. Au nord, entre l'île Manhattan et le Bronx, se trouve ce qu'on appelle la « Rivière de Harlem », bras de fleuve qui se déverse tantôt dans l'Hudson, tantôt dans la Rivière de l'Est, selon la marée. Au sud de l'île Staten s'étend la Baie Inférieure qui unit l'Hudson et la Rivière de l'Est à l'Océan. Ces masses d'eau, qui offrent aux navires de larges voies et des kilomètres de quais, dotent New-York d'un des plus beaux ports du monde. Dans l'étude qui va suivre nous reprendrons dans leurs grandes lignes les divisions indiquées ci-dessus.

L'Hudson en face de Manhattan.

Pour l'Hudson supérieur ou la partie qui se trouve au nord de l'île Manhattan, voir le « Fleuve Hudson » (2).

L'exhaussement et la dépression de la marée sont de :

	MOYENNE		GRANDE MARÉE		MORTE EAU		ÉQUINOXE	
	PIEDS	MÈTRES	PIEDS	MÈTRES	PIEDS	MÈTRES	PIEDS	MÈTRES
En face de la 23e rue New-York	4,4	1,34	5,3	1,61	3,4	1,04	4,8	1,46

Commerce.

Les mouvements de navires sont tellement liés à ceux du port de New-York qu'il n'est pas possible d'établir une statistique séparée.

(1) Rivière de l'Est.
(2) Page 131.

Vitesses des courants.

Les vitesses suivantes ont été relevées par le Bureau de Topographie des Côtes pendant les années 1872, 1873, 1874 et 1875 (Voir l'Appendice n° 10 au rapport pour 1876 du C et G. S.) (1) :

LOCALITÉ	FLUX — LARGEUR — PIEDS	FLUX — LARGEUR — MÈTRES	FLUX — PROFONDEUR — PIEDS	FLUX — PROFONDEUR — MÈTRES	MAXIMUM — PIEDS à la seconde	MAXIMUM — NŒUDS à l'heure	MAXIMUM — MÈTRES à la seconde	MAXIMUM — KILOM. à l'heure
Jetée n° 1. New-York	4 000	1 218	58 »	17.67	1.30	0.78	0,40	1,44
— n° 6. —	4 700	1 432	36,6	11.15	1.30	0,78	0,40	1,44
— n° 33. —	4 200	1 279	60,1	18,31	1,38	0,83	0,42	1,51
— n° 45. —	4 200	1 279	63.1	19,22	1,37	0,82	0,42	1.51
Rue de la Banque. —	3 680	1 122	73.6	22.42	1,29	0,77	0,39	1,40
14e Rue. —	3 200	975	75.6	23.03	1.34	0,80	0.41	1,48
	3 852	1 173	65,6	19,98	1.39	0.83	0.42	1.51
	4 717	1 437	51,3	15,63	1,49	0.89	0,45	1.62
	4 500	1 371	50,1	15,26	1.60	0,96	0,49	1,76
	4 530	1 380	54,5	16,60	1,47	0,88	0,44	1.58
	4 208	1 282	54,8	16,70	1,46	0.88	0,44	1,58
	4 297	1 309	54,5	16,60	1,40	0,84	0,49	1,76

LOCALITÉ	REFLUX — PIEDS A LA SECONDE	MAXIMUM — NŒUDS A L'HEURE	MAXIMUM — MÈTRES A LA SECONDE	MAXIMUM — KILOMÈTRES A L'HEURE
Jetée n° 1. New-York.	2,25	1,35	0,69	2.48
— n° 6. — .	2.49	1.49	0,76	2.74
— n° 33. — .	2.36	1,42	0.72	2.59
— n° 45. — .	2.48	1.49	0,79	2,84
Rue de la Banque. — .	2,33	1.40	0,71	2.56
14e Rue. — .	2,35	1.41	0,72	2.59
	2.70	1.62	0,82	2.95
	2,65	1,59	0,81	2.92
	2,81	1,69	0,86	3,10
	2.54	1.50	0,78	2,81
	2.51	1,51	0,76	2.74
	2.58	1,55	0,79	2.84

(1) Le nom très long de ce Bureau officiel du Gouvernement américain : le Bureau d'Études topographiques des Côtes et de Géodésie, revenant à chaque instant dans la suite du rapport de M. Baily, nous le désignerons désormais simplement par les initiales : C. et G. S. *(Note au Traducteur.)*

Le capitaine du génie Edward H. Schultz, de l'armée américaine, déclare que des observations faites le 28 mai et le 8 juin 1903 ont donné comme maximum de vitesse les chiffres indiqués au tableau suivant, ce maximum se produisant immédiatement après la basse mer, avec une oscillation de marée de 4,3 pieds (1,30 m) (le capitaine Schultz est d'avis qu'avec une marée plus basse que d'ordinaire et un « freshet » (1) du fleuve, les vitesses pourraient être grandement augmentées) :

	PIEDS A LA SECONDE	NŒUDS A L'HEURE	MÈTRES A LA SECONDE	KILOMÈTRES A L'HEURE
En face de la Pointe du Château New-Jersey	4,04	2,42	1,23	0,44
En face de la 42e Rue. New-York	4,18	2,51	1,27	0,46

Les chiffres de vitesses de courants ci-dessous sont tirés des « Tables des marées » pour 1904 du C. et G. S. ; les vitesses correspondent à la période de marée *normale* qui donne les plus grandes vitesses et s'entendent du reflux :

	PIEDS A LA SECONDE	NŒUDS A L'HEURE	MÈTRES A LA SECONDE	KILOMÈTRES A L'HEURE
Jeffrys Hook.	4,17	2,5	1,27	4,57
42e rue Ouest	5 »	3 »	1,52	5,47
Baie Gowanus.	3,33	2 »	1,02	3,67
« The Narrows » (2)	3,83	2,3	1,17	4,21

Dans le lit de l'Hudson, depuis les Narrows jusqu'à la Mer de Tappan, le courant est de flux à 15 pieds (4,57 m) de profondeur une grande heure avant que le changement du reflux en flux ait eu lieu à la surface.

La période étale avant le reflux dure de 40 à 50 minutes. La période étale avant le flux dure environ 35 minutes. Dans les « Narrows » elle dure de 15 à 30 minutes.

(1) Ce mot indique un phénomène pour lequel nous n'avons pas de terme précis en français. C'est la crue subite d'une rivière ou d'un fleuve après une grande pluie ou une fonte brusque de neige. Nous avons donc estimé devoir oser cet américanisme dans notre texte. *(Note du Traducteur.)*

(2) « Les étroits », c'est le « goulet » des cartes du Dépôt de la marine française. *(Note du Traducteur.)*

Les « Tables des marées » du C. et G. S. donnent les vitesses suivantes pour l'Hudson :

	PIEDS A LA SECONDE	NŒUDS A L'HEURE	MÈTRES A LA SECONDE	KILOMÈTRES A L'HEURE
En face de la 39e Rue, New-York.				
Étale avant le reflux	»	»	»	»
1/4 du reflux	3 »	1,8	0,91	3,28
Fort du reflux	5 »	3,1	1,53	5,51
3/4 du reflux	3,7	2,2	1,13	4,07
Étale avant le flux	»	»	»	»
1/4 du flux	1,8	1,1	0.55	1,98
Fort du flux	3,7	2,2	1,13	4,07
3/4 du flux	2,5	1,5	0,76	2,74
The Narrows				
1 h. 20 m. après la pleine mer	»	»	»	»
2 h. 55 m. — —	1,5	0,9	0,46	1,66
4 h. 35 m. — —	2,8	1,7	0,85	3,06
0 h. 10 m. — basse	2 »	1,2	0,61	2,20
2 h. 15 m. — —	»	»	»	»
3 h. 35 m. — —	1,5	0,9	0,46	1,66
4 h. 55 m. — —	2 »	1,2	0,61	2,20
0 h. 10 m. — pleine	1,2	0,7	0,37	1,33

Difficultés de la navigation.

La navigation ne rencontre pas dans l'Hudson de difficultés dues aux courants, le maximum enregistré n'étant pas de plus de 3 nœuds (5,400 km).

Rivière de Harlem.

Courants.

Dans la rivière de Harlem les courants sont exclusivement causés par la marée ; flux et reflux se rencontrent dans le voisinage des ponts Willis et de la Deuxième Avenue. L'écoulement vers l'Hudson est plus considérable que celui vers la Rivière de l'Est. On n'a pu se procurer de données au sujet de la vitesse.

Échelle des marées.

110e Rue est,	exhaussement moyen	5,5 pieds	(1,67 m).
Pont-Haut	—	—	6 —	(1,82 m).
Pont-du-Roi	—	—	4,3 —	(1,31 m).
Crique Spuyten Duyvil	—	—	4 —	(1,21 m).

Profondeur.

La rivière de Harlem porte partout des navires tirant de 12 à 24 pieds (3,65 m à 7,31 m).

Mouvement.

Les statistiques de trafic suivantes pour les années 1890, 1893 et 1903 nous ont été obligeamment fournies par le capitaine Schultz.

NATURE	1890 — TONNES	1893 — TONNES	VALEUR DOLLARS	VALEUR FRANCS
Marchandises non classifiées. .	1 379 334	3 232 052	159 635 435	798 177 175
Grains, farines, prod. alimentres	400 987	596 306	15 147 478	75 737 390
Bois de construction et de charp.	346 858	451 702	7 462 403	37 312 015
Matériaux de construction . . .	643 922	602 217	2 791 100	13 955 500
Combustible	508 365	878 234	4 573 836	22 869 180
Glace.	112 000	149 865	539 460	2 697 300
Totaux.	3 390 466	5 910 376	190 149 712	950 748 560

NATURE	1903 — TONNES	VALEUR DOLLARS	VALEUR FRANCS
Fer.	22 400	518 000	2 590 000
Huile.	53 840	768 700	3 843 500
Bois de construction.	73 290	1 146 100	5 730 500
Glace.	130 000	260 000	1 300 000
Matériaux de construction	429 426	1 486 800	7 434 000
Grains et produits de ferme	542 890	21 262 500	106 312 500
Charbons.	1 067 290	4 225 200	21 126 000
Marchandises non classifiées.	4 591 250	252 518 800	1 262 594 000
Totaux.	6 910 386	282 186 100	1 410 930 500
Cendres et résidus.	175 511	Pas de valeur.	
Ordures.	71 919	—	

Annoncé par la Compagnie du Chemin de fer de New-York à New-Haven et Hartford et inclus dans les chiffres ci-dessus :

Marchandises non classifiées	4 494 350 t
Charbons et autres combustibles	645 285
Grains, farines, produits alimentaires . .	451 470

La valeur n'est pas indiquée.

Nous estimons que le commerce réel dépasse quelque peu les chiffres ci-dessus; en effet, un grand nombre des plus grosses maisons n'ont pas répondu à notre demande de renseignements.

Rivière de l'Est.

Vitesse des courants.

Les observations consignées pour cette rivière sont relatives aux années 1851, 1856-57, 1869 et 1875.

1851. — Pour cette année les renseignements se trouvent sur une carte de « Hell Gate and its approaches » (1), publiée à cette date par le C. et G. S.

Les courants sont marqués tant au flux qu'au reflux pour :

1° Le chenal qui passe du côté est de l'île Blackwells jusqu'à l'extrémité supérieure de l'île Wards;

2° Le chenal supérieur qui passe du côté ouest de l'île Blackwells jusqu'à l'extrémité supérieure de l'île Wards ;

3° Le chenal qui va du bac de Hell Gate, île Manhattan, jusqu'à l'extrémité supérieure de l'île Wards, en passant par la rivière de Harlem.

(1) « La Porte d'Enfer et ses approches ».

	PIEDS A LA SECONDE	NŒUDS A L'HEURE	MÈTRES A LA SECONDE	KILOMÈTRES A L'HEURE
Courant de flux, dans le chenal 1 :				
Extrémité nord de l'île Blackwells . . .	5,33	3,2	1,62	5,83
En face du bac Astoria.	6,67	4,0	2.03	7,31
— de la pointe Hallet	7,50	4,5	2,29	8,24
Au Rocher du Pot	9,83	5,9	3 »	10,80
En face du Polhemus Dock Astoria . . .	6,50	3,9	1,98	7,13
Courant de reflux, même chenal :				
Extrémité nord de l'île Blackwells . . .	4,50	2,7	1,37	4,93
En face du bac Astoria.	5,83	3,5	1,78	6,41
— de la pointe Hallet	6,50	3,9	1,98	7,13
Au Rocher du Pot	6,67	4,0	2,03	7.31
En face du Polhemus Dock Astoria . . .	2,83	1,7	0,86	3,10
Courant de flux, dans le chenal 2 :				
Extrémité nord de l'île Blackwells . . .	7 »	4,2	2,13	7,67
En face de Horns Hook	7 »	4,2	2,13	7,67
— et à l'ouest du Rocher du Moulin	3,67	2,2	1,12	4,06
— du Rocher du Pot	9,83	5,9	3 »	10,80
Courant de reflux, même chenal :				
Extrémité nord de l'île Blackwells . . .	7,83	4,7	2,39	8,60
En face de Horns Hook	4,67	2,8	1,42	5,11
— et à l'ouest du Rocher du Moulin	4,33	2,6	1,32	4,75
— du Rocher du Pot.	6,67	4,0	2,03	7,31
Courant de flux, dans le chenal 3 :				
En face du Rocher du Petit-Moulin . . .	2,17	1,3	0,66	2,38
— du dock de l'île Wards	1,17	0,7	0,36	1,30
Courant de reflux, même chenal :				
En face du Rocher du Petit-Moulin . . .	4,33	2,6	1.32	4,75
— du dock de l'île Wards	1,50	0,9	0,46	1,66

Entre le Rocher du Petit-Moulin et la Tête-de-Nègre, on indique un courant de 4 nœuds (7,2 km) à l'heure, de 6,7 pieds (2,04 m) à la seconde.

1856-57. — Les renseignements pour cette année se trouvent sur une carte publiée à cette date par le C. et G. S.

D'après cette carte, le chenal principal que suit le courant de flux passe des deux côtés de l'île Blackwells et longe la rive est; les observations ont été faites jusqu'à la hauteur du dock Polhemus et sont les suivantes :

	PIEDS A LA SECONDE	NŒUDS A L'HEURE	MÈTRES A LA SECONDE	KILOMÈTRES A L'HEURE
Extrémité nord de l'île Blackwells, à l'ouest	7,07	4,24	2,16	7,78
— — — à l'est. .	7,17	4,30	2.19	7,88
Rocher de l'Inondation	5,20	3,12	1,59	5,72
En face de la pointe de Hallet	14,17	8,50	4,32	15,55
— du dock Polhemus.	5,01	3,07	1,53	5,51

Un autre chenal que suit le courant de flux part de Horns Hook, passe à l'est du Rocher du Petit-Moulin et par dessus le Rocher du Pot. On y a enregistré les vitesses suivantes :

	PIEDS A LA SECONDE	NŒUDS A L'HEURE	MÈTRES A LA SECONDE	KILOMÈTRES A L'HEURE
Horns Hook	4,50	2,70	1,37	4,93
A l'est du Rocher du Petit-Moulin. . . .	7,07	4,24	2,16	7,78
Près du Rocher du Pot.	6,72	4,03	2,05	7,38

Un autre chemin encore est dénommé *Main Ship Channel* (1) sur la carte et contourne à l'ouest le Rocher du Petit-Moulin. On y indique les vitesses suivantes :

	PIEDS A LA SECONDE	NŒUDS A L'HEURE	MÈTRES A LA SECONDE	KILOMÈTRES A L'HEURE
Près de Heel Tap.	3,67	2,20	1,12	4,03
Au nord du Rocher du Pot.	13,05	7,83	3,98	14,38

Le *courant de reflux* est indiqué comme descendant du dock Polhemus jusqu'en face de la Pointe de Hallet et se divisant là, une partie passant par le chenal est, l'autre par le chenal du milieu et une troisième par le Main Ship Channel. Les vitesses marquées sont les suivantes :

(1) « Chenal maritime principal ».

	PIEDS A LA SECONDE	NŒUDS A L'HEURE	MÈTRES A LA SECONDE	KILOMÈTRES A L'HEURE
Au dock Polhemus.	3,83	2,30	1,17	4,21
En face de la Tête-de-Nègre, île Wards. .	7,75	4,65	2.36	8.50
A l'ouest du Rocher du Pot.	7,33	4,40	2.23	8,03
A l'est du Rocher du Grand-Moulin . . .	11,57	6.94	3.53	12.71
— — du Petit-Moulin. . . .	6,77	4,06	2.06	7,42
A l'ouest du Rocher du Petit-Moulin . .	3 »	1,80	0.91	3.28
En face de Horns Hook.	4,87	2.92	1,48	5,33
A l'ouest de l'île Blackwells	7,22	4,33	2,20	7.92
A l'est — —	6,60	3.96	2,01	7.24

1869. — Ces observations ont été faites sous la direction du général J. Newton, de l'armée américaine, et s'entendent de la partie contiguë au rivage à la Pointe de Hallet. Voici les plus grandes vitesses notées :

	PIEDS A LA SECONDE	NŒUDS A L'HEURE	MÈTRES A LA SECONDE	KILOMÈTRES A L'HEURE
Maximum du flux.	10,96	6,58	3,34	12,02
— du reflux.	10,31	6.19	3,14	11,30
Flux moyen.	9,14	5,48	2,79	10,04
Reflux moyen.	9,09	5,45	2,77	9,97

1875. — Ce sont des observations faites sur l'écueil Coenties (en face de Wall Street, New-York); elles donnent les maxima de vitesse par marées moyennes :

	PIEDS A LA SECONDE	NŒUDS A L'HEURE	MÈTRES A LA SECONDE	KILOMÈTRES A L'HEURE
Courant de reflux.	4,5	2,7	1.37	8,1
— de flux.	2 »	3.33	1,01	3.6

Le rapport du C. et G. S. pour 1876 donne les maxima de vitesse suivants :

		PIEDS A LA SECONDE	NŒUDS A L'HEURE	MÈTRES A LA SECONDE	KILOMÈTRES A L'HEURE
Navy Yard	flux	6,10	3,66	1,86	6,70
	reflux	5,18	3,11	1,58	5,69
Ile Blackwells, Chenal est	flux	7,67	4,61	2.34	8,42
	reflux	7,97	4,78	2,37	8,53
Ile Blackwells, Chenal ouest	flux	7,10	4,26	2.16	7,78
	reflux	7,17	4,30	2,19	7,88
En face du dock Cobb, Navy Yard	flux	6,37	3,82	1,94	6,98
	reflux	6 »	3,60	1,83	6,59

Les dimensions de ces chenaux étaient :

	LARGEUR EXTRÊME		PROFONDEUR	
	Pieds	Mètres	Pieds	Mètres
Ile Blackwells, Chenal ouest	1 334	406,46	43,4	13,22
Ile Blackwells, Chenal est	1 236	376,60	70,5	21,48
En face du dock Cobb	1 667	507,93	52 »	15,84

Depuis qu'ont été prises les observations de courants qui précèdent, on a fait disparaître le Rocher de l'Inondation et l'écueil de la Pointe de Hallet; les conditions ont donc beaucoup changé, mais il n'existe pas de constatations des modifications exactes qui se sont produites. En tous cas, pendant bien des années, les innombrables navires voyageant entre New-York, Boston et Portland ont lutté contre des courants de 6,7 à 8 nœuds (11,06 km à 14,4 km) dans des chenaux sinueux par endroits, semés de rocs et pleins de remous. Même aujourd'hui, dans le voisinage de l'île de Wards et des Prairies Submergées, le courant est extrêmement violent — probablement 5 à 6 nœuds (9 à 10,8 km) — avec parfois un contre-courant assez mauvais. Les bateaux de grande dimension et de grande puissance n'en sont pas gênés; les bateaux plus petits s'en vont quelquefois avec la marée.

Les « Tables des marées » du C. et G. S., année 1896, déclarent que « entre la Pointe de Hallet et Hogs Back on a mesuré 8 nœuds à l'heure (14,4 km) sur le flux, mais dans les autres endroits, entre la pointe Lawrence et l'île Blackwells, les vitesses de 3 et 4 nœuds (5,4 km et 7,2 km), au fort du flux et du reflux, sont les caractéristiques ».

Les vitesses de courant suivantes sont tirées des diagrammes de courants publiés dans les « Tables des marées » du C. et G. S. pour

1904 et s'appliquent au moment des marées moyennes, où la vitesse est *la plus grande* à l'endroit désigné. Elles s'entendent du *reflux*.

	PIEDS A LA SECONDE	NŒUDS A L'HEURE	MÈTRES A LA SECONDE	KILOMÈTRES A L'HEURE
Rochers de l'Exécution	1 »	0,6	0,30	1,08
Ile de la Cité	1,50	0,9	0,46	1,66
Pointe du Vieux-Bac	2,50	1,5	0,76	2,74
Phare North Brother	4,25	2,5	1,30	4,68
Hell Gate (Porte d'Enfer)	8 »	4,8	2,44	8,78
Extrémité nord de l'île Blackwells	7,67	4,6	2,34	8,42
— sud —	7 »	4,2	2,13	7,67
Navy Yard	5 »	3 »	1,52	5,47
Pont de Brooklyn	4,33	2,6	1,32	4,75
Ile du Gouverneur	3,33	2 »	1,01	3,64

Les renseignements ci-dessus ont été en grande partie obligeamment fournis par M. le capitaine du génie Edward H. Schultz, de l'armée américaine.

Baie Inférieure.

Il existe trois chenaux qui mènent de la Baie Inférieure à la mer : le Swash, le Grand Chenal maritime et le Gedney. Ils ont une profondeur de 24 à 32 1/2 pieds (7,31 m à 9,90 m) à marée basse moyenne. On est en train d'en draguer un quatrième, l'Ambroise, pour lui donner une profondeur de 40 pieds (12,18 m) et une largeur de 2 000 pieds (609,40 m). L'amplitude de la marée moyenne est de 4,5 pieds (1,37 m).

Courants.

Les « Tables des marées » du C. et G. S. pour 1896 enregistrent les vitesses suivantes dans la Baie Inférieure. Ce sont des maxima pour marées d'amplitude moyenne.

	PIEDS A LA SECONDE	NŒUDS A L'HEURE	MÈTRES A LA SECONDE	KILOMÈTRES A L'HEURE
Près du côté ouest de East Bank (1)	3,7	2,2	1,13	4,07
Chenal de 14 pieds	3,17	1,9	0,97	3,50
Chenaux Swash, Grand et Gedney	3,7	2,2	1,13	4,07

(1) « Rive, berge ou banc Est ».

Près du côté ouest de East Bank, se trouve un contre-courant, qui a un maximum de vitesse d'un demi-nœud (900 m) à l'heure. Dans le chenal de 14 pieds, les courants de flux et de reflux s'établissent en oblique. Les courants de demi-reflux dans le chenal Swash, se dirigent fortement vers l'est.

Le lieutenant-colonel W. L. Marshall donne, à la date du 8 décembre 1904, les vitesses suivantes comme constatées par le Génie américain.

		PIEDS A LA SECONDE	NŒUDS A L'HEURE	MÈTRES A LA SECONDE	KILOMÈTRES A L'HEURE
1895.					
Main Ship Channel.	maximum.	1,35	0,81	0,41	1,47
	minimum.	0,10	0,06	0,03	0,11
Près de la jonction des chenaux Main Ship et Swash.	maximum.	2,7	1,62	0,82	2,95
	minimum.	»	»	»	»
1897.					
Chenal est: vitesse moyenne	flux . . .	1,65	1 »	0,50	1,80
	reflux . .	1,91	1,15	0,58	2,09
Chenal Bayside	flux . . .	1,70	1,02	0,52	1,97
	reflux . .	1,63	0,98	0,50	1,80
Chenal Gedney. Entrée. . .	flux . . .	0,90	0,54	0,27	0,97
	reflux . .	1,24	0,74	0,38	1,37

Difficultés de navigation.

Ces courants sont trop faibles pour affecter la navigation.

Mouvement.

Ci-dessous les Statistiques commerciales du port de New-York, pour l'année financière qui s'est terminée le 30 juin 1902.

Nombre et tonnage de tous les vaisseaux appartenant au port de New-York.

Voiliers	1382	ensemble	283 272 tx
Vapeurs.	1307	—	665 865
Bateaux de canaux . .	226	—	28 829
Chalands	1136	—	269 862
Totaux	4051	ensemble	1 247 828

Ci-dessous, le nombre et le tirant d'eau des vaisseaux à grand tirant, qui ont passé la barre de Sandy-Hook, pendant l'année qui s'est terminée le 30 juin 1902.

32 pieds	(9,75 m)	et au-dessus		2 navires sortis	3 voyages
31 —	(9,44 m)	et au-dessous de	32	8 —	20 —
30 —	(9,14 m)	—	31	17 —	43 —
29 —	(8,83 m)	—	30	35 —	92(1)—
28 —	(8,53 m)	—	29	53 —	155(2)—
27 —	(8,22 m)	—	28	189 —	189 —
				Total	502 voyages

Le tirant d'eau maximum sorti en 1902 a été de 32 pieds 8 pouces (9,95 m). On dit qu'un navire tirant 33 pieds·1 pouce (10,30 m) est sorti en février 1903. Le tirant d'eau maximum entré a été de 28 pieds 4 pouces (8,63 m).

Voici les entrées et sorties de navires faisant le *commerce avec l'étranger*, pendant l'année 1903. On n'a pu se procurer de données sur le commerce de cabotage et intérieur (ce commerce est énorme.)

Entrées	9 031 581 t
Sorties	8 445 907
Total	17 477 488 t

New-York est après Londres, le plus grand centre commercial du globe ; de même est-ce, après Londres, la plus grande ville.

On a traité du port de New-York avec si grands détails, parce que les conditions des quatre grandes voies navigables qui le constituent sont entièrement dissemblables et qu'ensemble elles forment un des plus magnifiques ports du monde.

On y trouve, à quelques kilomètres l'une de l'autre, des vitesses de courants variant de 1 à 8 nœuds (1 800 à 14 400 m) à l'heure et le chenal où le courant est de 8 nœuds est aussi fréquenté que celui où il n'est que d'un nœud; la seule différence est dans la consommation de charbon et la rapidité de la marche. Dans aucun autre port du monde, on ne trouve un régime aussi varié.

(1) 5 navires arrivés	10 voyages
(2) 11 navires arrivés	36 —
Total	46 voyages

VI

Le Fleuve Hudson, de sa source à l'île Manhattan (États-Unis).

Les sources de renseignements sont les suivantes : un communiqué de M. le capitaine du génie Edward H. Schultz, de l'armée américaine ; le Rapport de la Commission nommée pour déterminer la relation entre les engorgements des glaces, les freshets et l'amélioration de l'Hudson (documents 307, 58e Congrès, 2e session) ; différents Rapports de l'officier Commandant en chef le Génie de l'armée américaine ; les Rapports du C. et G. S.

Géographie.

Le fleuve Hudson a pour sources, dans les Adirondacks, quatorze petits lacs situés à 2 000 pieds au-dessus du niveau de la mer et ayant une surface de 6 000 acres (2 428 hectares) (1). De sa source à Fort Edouard, 109 milles (175,381 km), la surface du bassin est de 2 300 milles carrés (6 456 km²). De Fort Edouard au barrage national à Troy, 40 milles (64,360 km), la différence de niveau est de 108,5 pieds (33,05 m) au sommet du barrage et de 118 pieds (35,95 m) au niveau de marée, le barrage ayant 9,5 pieds (2,89 m) ; le bassin de ce secteur est de 2 075 milles carrés (537 km²). Près de Troy, la Mohawk (rivière du Mohican), qui draine une surface de 2 800 milles carrés (7 237 km²) se jette dans l'Hudson.

Pluie et venue d'eau.

La moyenne annuelle de pluie pendant les dix dernières années, selon les chiffres du Bureau Météorologique officiel des États-Unis, installé à Albany, est de 34,52 pouces (87,3356 cm) avec un maximum (1897) de 40,79 pouces (103,19 cm) et un mini-

(1) La plus haute source du Hudson jaillit dans le cœur des Adirondacks à 1 310 m d'altitude, au pied du Tahawus : le petit lac d'origine a reçu le nom poétique de Tear of the Clouds « Larme des nuées ». Élisée Reclus. (*Note du Traducteur.*)

mum (1896) de 27,88 pouces (70,536 cm). Le maximum pour un mois a été de 7,21 pouces — 18,24 cm (août 1893) et le minimum de 0,56 pouce (février 1901). Le fleuve grossit presque immédiatement après une forte pluie. A peu près chaque année, pendant un mois ou plus de la saison sèche, il ne coule que peu d'eau pardessus le barrage national et la navigation en aval de ce dernier dépend de la marée et de ce qu'il passe d'eau par l'écluse quand on l'ouvre.

Freshets (1).

Les freshets de la rivière du Mohican sont courts, violents et plus fréquents que ceux du Haut Hudson. Le plus grand freshet de l'Hudson à Albany, causé par la pluie seule, a eu lieu en octobre 1869 ; la crue subite fut de 19 pieds (5,79 m), après une pluie de 13 pouces (32,89 cm).

Marées.

La marée se fait sentir jusqu'au barrage national ; l'eau est salée jusqu'à Poughkeepsie (2) quand l'étiage du fleuve est normal.

Ci-dessous l'échelle des marées :

	Marée moyenne		Grande marée		Morte eau		Équinoxe	
	Pieds	Mètres	Pieds	Mètres	Pieds	Mètres	Pieds	Mètres
Yonkers, État de New-York.	3,8	1,15	4,6	1,40	3 »	0,91	4,1	1,24
Castleton, — .	2,7	0,82	3,2	0,97	2,1	0,63	2,9	0,60
Albany, — .	2,3	0,70	2,8	0,85	1,8	0,54	2,5	0,76

Le flux et le reflux coulent environ six heures chacun, et ce n'est que pendant les freshets que la durée du reflux est sensiblement plus longue que celle du flux.

Les niveaux d'eau à marée basse dans le fleuve au-dessus du niveau de la marée basse à New-York ont été les suivants en 1876 et 1889 :

(1) Voir la note page 120.

(2) L'ancienne Apokipsink ou « Port sûr » des Indiens Mohicans. E. Reclus.
(Note du Traducteur.)

	HAUTEUR DE MARÉE				NIVEAU A MARÉE BASSE au-dessus du niveau de marée basse à New-York			
	1876		1889		1876		1889	
	PIEDS	MÈTRES	PIEDS	MÈTRES	PIEDS	MÈTRES	PIEDS	MÈTRES
Barrage national, Troy	0,80	0,28	2,05	0,62	4,53	1,38	3,11	0,94
Nail Works.	1,94	0,59	2,92	0,88	2,98	0,90	2,28	0,69
Albany.	2,32	0,70	2,81	0,85	2,43	0,73	2,31	0,70
Castleton.	2,53	0,77	2,62	0,79	2,13	0,63	2,18	0,66
New Baltimore. . . .	3,42	1,04	3,19	0,97	1,31	0,39	1,16	0,35
Ile du Gouverneur, port de N.-York	4,40	1,34	4,38	1,33	»	»	»	»

La surface sur laquelle se fait sentir la marée depuis le barrage national jusqu'à Albany est de 47 600 000 pieds carrés (4 422 040 m²). Le volume de la marée pour un dénivellement moyen de 2,5 pieds (0,76 m) est de 117 millions de pieds cubes (1 312 738 m³). Le débit moyen de la Mohawk (rivière du Mohican) et du Haut Hudson réunis était, en octobre 1874, de 4 853 pieds cubes (134 m³) à la seconde.

Vélocités.

Les renseignements au point de vue des vitesses de courant aux différents degrés d'étiage ne sont pas concluants, mais les observations indiquent qu'une crue due à un « freshet » donne les vitesses suivantes :

HAUTEUR DE LA CRUE PAR		PIEDS A LA SECONDE	NŒUDS A L'HEURE	MÈTRES A LA SECONDE	KILOMÈTRES A L'HEURE
PIEDS	MÈTRES				
7 »	2,13	3 »	1,80	0,92	3,31
8 »	2,43	3,25	1,95	0,99	3,56
10,5	3,19	4,8	2,88	1,46	5,26
maximum de crue		6 »	3,60	1,83	6,59

Chenal.

Entre la barre Coxsackie et le barrage national (partie de la rivière où sont les bas-fonds), la largeur du chenal varie de 60 à 400 pieds (18,28 m à 121,88 m) et sa profondeur de 4,5 à 12 pieds (1,37 m à 3,65 m) au-dessous du niveau moyen de la marée basse en 1876.

Chenal projeté.

Le projet voté prévoit un chenal profond de 12 pieds (3,65 m) et large de 400 pieds (121,88 m) depuis Coxsackie jusqu'à Broadway, Troy, réduit à 150,5 pieds (45 m) de largeur de là jusqu'à Jacob Street, et de Jacob Street au barrage national.

Le système adopté est celui des digues longitudinales pour enserrer le courant et laisser assez de jeu au flux et au reflux pour qu'ils nettoient le chenal, avec, au besoin, le renfort de quelques draguages.

Difficultés causées a la navigation par le courant.

La dérive étant parallèle au courant, la navigation ne présente que peu de difficulté. Les courants, d'ailleurs, ne dépassent pas à l'ordinaire 2 nœuds (3,600 km) à l'heure.

Nature de la batellerie.

Le trafic se fait par vapeurs à faible tirant d'eau, trains de chalands et chalands à vapeur. Quelques schooners transportent des bois de construction, de la glace, du plâtre, des briques, etc.

Mouvement.

Ce fleuve est une des grandes voies commerciales. On pense que le trafic de transit excède 10 millions de tonnes par an, *sans compter* celui des localités mentionnées plus bas. Ce commerce comprend le trafic local et de plus celui des canaux Érié, Champlain, Delaware et de l'Hudson, les expéditions de charbon de la Compagnie des Charbonnages de Pensylvanie, à Newburgh, et celles des Houillères de l'Érié à Piermont. Les deux principales industries qui se servent du fleuve sont celle de la glace et celle des briques.

Le tonnage accusé par les différentes industries comprend : *(a)* les marchandises non classifiées ; *(b)* les grains, farines, produits alimentaires ; *(c)* les bois de charpente et de construction ; *(d)* les combustibles ; *(e)* les matériaux de construction et *(f)* la glace.

Voici les totaux enregistrés pour le Haut Hudson avec les dates :

ANNÉES	TONNES	VOYAGEURS TRANSPORTÉS
1897	3 682 864	»
1898	4 045 895	»
1899	5 070 800	1 278 000
1900	4 810 927	1 587 600
1901	3 128 409	1 293 236
1902	3 673 091	1 078 648
1903	(Ces chiffres ne sont pas encore publiés.)	
Port de Saugerties.		
1897	51 000	»
1898	58 368	»
1899	50 800	»
1900	76 673	»
1901	67 473	15 000
1902	66 500	14 000
1903	112 677	13 000
Port de Rondout.		
1896	2 333 000	»
1897	2 330 000	»
1898	(pas publié)	»
1899	1 885 000	»
1900	1 885 000	»
1901	1 485 000	»
1902	1 285 000	»
1903	1 280 000	1 050
Port de Peekskill.		
1897	404 300	»
1898	734 950	»
1899	1 092 455	»
1900	1 800 000	»
1901	(On n'a pu se procurer ce renseignement.)	
1902	22 815	»
1903	218 873	21 482
Crique Wappinger.		
1888	70 000	»
1904	52 981	»

On n'a pu se procurer de statistiques pour la Crique Wappinger de 1888 à 1904.

Nota. — Pour la partie de l'Hudson en face l'île de Manhattan, voir : *Port de New-York*, p. 118.

VII

Fleuve et Baie Delaware (États-Unis).

Description.

Le Delaware prend sa source dans l'État de New-York et se jette dans la mer par la baie Delaware. La marée s'y fait sentir jusqu'à Trenton (limite de navigabilité à mer étale).

Échelle des marées.

Ces chiffres sont tirés des « Tables des marées » du C. et G. S.

Endroits	Amplitude de la marée							
	Marée moyenne		Grande marée		Morte eau		Équinoxe	
	Pieds	Mètres	Pieds	Mètres	Pieds	Mètres	Pieds	Mètres
Trenton (New-Jersey)	4,1	1,24	4,8	1,46	3,4	1,04	4,4	1,34
Philadelphie (Pensylvanie)	6,3	1,91	7,2	2,19	5,2	1,58	6,9	2,10
Fort Miflin (Pensylvanie)	6,1	1,85	7,1	2,16	5,1	1,55	6,7	2,04
Billingsport (New-Jersey)	6,2	1,88	7,2	2,19	5,1	1,55	6,8	2,07
Chester (Pensylvanie)	6,3	1,91	7,3	2,22	5,2	1,58	6,9	2,10
Marcus Hook (Pensylvanie)	6,2	1,88	7,2	2,19	5,1	1,55	6,8	2,07
Phare de l'île de la Cerise (Delaware)	6 »	1,82	6,9	2,10	5 »	1,52	6,6	2,01
Phare Christiana (Delaware)	6,2	1,88	7,2	2,19	5,1	1,55	6,7	2,04
New Castle (Delaware)	6,5	1,98	7,5	2,28	5,4	1,64	7,1	2,16
Phare Cohansey (New-Jersey)	6,5	1,98	7,5	2,28	5,4	1,64	7,1	2,16

Commerce.

Les statistiques commerciales suivantes pour le fleuve Delaware sont tirées du rapport annuel du Commandant du génie de l'armée américaine 1903.

En 1902, les mouvements sur le fleuve Delaware entre Philadelphie et la mer ont été de :

Fret avec l'étranger	4 428 242 t
Fret avec les États-Unis	17 414 967
Total	21 843 209 t

Les entrées et sorties de vaisseaux allant à ou venant de l'étranger ont été :

Américains.

Vapeurs.	92	de	101 785 tx
Voiliers.	179	de	105 365

Étrangers.

Vapeurs.	1 728	de	3 426 616 tx
Voiliers.	184	de	193 911
Total	2 183	de	3 827 677 tx

Il y a eu 49 686 entrées et 90 606 sorties de caboteurs et navires allant à des ports américains. Les chiffres qui précèdent ne comprennent pas les bacs et les remorqueurs du port.

Le 30 juin 1903, le plus grand tirant d'eau qui put entrer à marée basse était de 20,6 pieds (6,27 m).

Chenal projeté.

Le chenal qu'on projette d'établir entre Philadelphie et la mer aura une largeur de 600 pieds (182 m) et une profondeur de 30 pieds (9,14 m) à marée basse moyenne.

Vitesses des courants.

Les chiffres suivants, relatifs aux vitesses des courants dans le fleuve Delaware entre Philadelphie et la mer, sont tirés presque tous d'un excellent rapport de M. l'Ingénieur adjoint Thos. M. Farrel, préparé spécialement en vue du présent travail, sous la direction de M. le major du génie J. C. Sanford, de l'armée américaine.

Les vitesses produites sont toutes dues à la marée.

Les observations de courants ont été faites pendant la seconde partie d'octobre et le commencement de décembre 1881, aux Cherry Island Flats [1].

(1) Bas fonds de l'île de la Cerise.

		PIEDS À LA SECONDE	NŒUDS À L'HEURE	MÈTRES À LA SECONDE	KILOMÈTRES À L'HEURE
	Chenal ouest.				
Flux . . .	vitesse moyenne.	2 »	1.2	0.61	2,20
	— maxima.	3,35	2,01	1,02	3,67
Reflux. . .	vitesse moyenne.	1,96	1,18	0,60	2,16
	— maxima.	3,25	1.95	0,99	3,56
	Chenal est.				
Flux . . .	vitesse moyenne.	2,16	1,30	0.66	2,38
	— maxima	3,20	1,92	0,98	3,53
Reflux. . .	vitesse moyenne.	1,57	0,94	0,48	1,73
	— maxima	2,60	1,56	0,79	2,84

La durée du flux était de 5 heures, celle du reflux 7 heures 10 minutes. Hauteur de la marée, 5,6 pieds (1,70 m). En 1885, il a été fait des observations de mesurage des courants en face de Billingsport (New-Jersey), de Marcus Hook (Pensylvanie), de la pointe du Vieillard (New-Jersey), de Newcastle (Delaware), de la pointe aux Roseaux (Delaware), de la pointe Pierreuse (New-Jersey), et de Bombay Hook (Delaware), et, en 1886-1887, des observations avec des flotteurs à mi-fond, depuis la pointe Pierreuse (New-Jersey) jusqu'à Philadelphie (Pennsylvanie).

Voici les résultats :

ENDROITS	MAXIMUM				MOYEN			
	PIEDS à la seconde	NŒUDS à l'heure	MÈTRES à la seconde	KILOM. à l'heure	PIEDS à la seconde	NŒUDS à l'heure	MÈTRES à la seconde	KILOM. à la l'heure
Courants de flux.								
Billingsport.	3,30	1,98	1,07	3,80	2,0	1,2	0,61	2,20
Marcus Hook	2,56	1,54	0,78	2,81	1,90	1,14	0,58	2,09
Oldman's Point (Pointe du Vieillard).	2,93	1,76	0,89	3,20	2,15	1,35	0,66	2,38
New-Castle	2,57	1,54	0,78	2,81	1,85	1,11	0,56	2,02
Reedy Point (Pointe aux Roseaux). .	2,92	1,75	0,89	3,20	2,27	1,36	0,69	2,48
Stony Point (Pointe Pierreuse) . . .	2,68	1,61	0,70	2.52	2,13	1,26	0,65	2,34
Bombay Hook	2,58	1,55	0,79	2,84	2,03	1,22	0,62	2.23
Courants de reflux.								
Billingsport.	2,58	1,55	0,79	2,84	2,16	1,30	0,66	2,38
Marcus Hook	2,44	1,46	0,74	2,66	1,92	1,15	0,59	2,12
Oldman's Point	2,37	1,42	0,72	2,59	1,94	1,16	0,60	2,16
New-Castle	2.57	1.54	0.78	2.81	2,05	1,23	0,63	2,27
Reedy Point.	2,46	1,48	0,75	2,70	1,83	1,10	0,56	2,02
Stony Point.	2,44	1,46	0,74	2,66	1,94	1,16	0,59	2,12
Bombay Hook	2,74	1,66	0.84	3,02	2,06	1,24	0,63	2,27

Les observations faites à l'aide de flotteurs à mi-fond ont donné des résultats peu utiles pour la détermination des maxima de vitesse, parce que l'état de la marée et les interruptions de courants n'étaient pas enregistrés. On ne s'est donc servi de ces appareils que pour définir la direction des courants.

A l'époque (1885-87) où ces mesures ont été prises, on avait dragué le chenal sur la barre Mifflin jusqu'à une profondeur de 26 pieds (7,92 m) à marée basse moyenne et une largeur de 400 pieds (121,88 m) et l'on était en train de construire la digue sur la rive du côté Pensylvanie en face de Billingsport. On avait au moyen de la dynamite donné au chenal, à Schooner Ledge (1), une profondeur de 24 pieds (7,31 m) à marée basse moyenne et une largeur de 300 pieds (91,41 m). Sur les Cherry Island Flats on avait creusé le chenal jusqu'à une profondeur de 24 pieds (7,31 m), à marée basse moyenne et une largeur de 470 pieds (143,20 m) et sur la barre de Bulkhead jusqu'à une profondeur de 24 pieds (7,31 m) à marée basse moyenne et une largeur de 385 pieds (117,30 m). Dans le reste du fleuve il y avait 21 pieds (6,39 m) juste au-dessous de Schooner Ledge, 20 pieds à Baker Shoals (2) et aux Duck Creek Flats (3). Depuis la date de ces observations, on a terminé la digue de la barre de Mifflin et dragué à plusieurs reprises la barre elle-même. On a élargi et creusé le chenal au bas de l'île Tinicum ; on l'a creusé à Schooner Ledge et de là jusqu'à Marcus Hook. On a déposé les matières retirées par les dragues entre la barre qui se trouve en face de Red Bank (4) (New-Jersey), et la rive de New-Jersey. On a dragué, on drague encore le chenal au travers des Cherry Island Flats et l'on est en train de construire un batardeau sur le côté Delaware du fleuve en face du bas-fond. On a construit une digue à la barre Bulkhead et l'on a, à cet endroit aussi, dragué le chenal. On a élevé des digues à Reedy Island et à la pointe de Listor. On a à peu près terminé l'île artificielle sur les bas-fonds Dan Baker et Stony Point. On a creusé jusqu'à 30 pieds (9,14 m) de profondeur à marée basse moyenne le chenal depuis l'eau profonde de la baie de Delaware jusqu'à Reedy Island et au travers des Salem Cove Flats. Ces travaux ont changé considérablement les conditions du fleuve, si bien que les chiffres qui précèdent, rela-

(1) « Corniche du Schooner ».
(2) « Bas-fonds de Baker ».
(3) « Bas-fond de la Crique du Canard ».
(4) « Berge ou banc rouge ».

tifs aux courants en 1885-87, ne sont peut-être plus justes. On les donne pour ce qu'ils valent.

En 1899 et 1903, on a observé les courants le long du chenal depuis Woodland Beach (1) jusqu'à Reedy Island et de là jusqu'à la barre Bulkhead. Voici les résultats :

	FLUX				REFLUX			
	PIEDS à la seconde	NŒUDS à l'heure	MÈTRES à la seconde	KILOMÈTRES à l'heure	PIEDS à la seconde	NŒUDS à l'heure	MÈTRES à la seconde	KILOMÈTRES à l'heure
De la barre Bulkhead à l'île aux Roseaux (Reedy Island), 1903.								
Maximum .	4,29	2,57	1,31	4,72	4,26	2,56	1,30	4,68
Moyenne. .	2,29	1,37	0,70	2,52	2,18	1,31	0,66	2,38
De Woodland Beach à Reedy Island, 1899.								
Maximum .	4,29	2,57	1,31	4,72	3,54	2,12	1,08	3,89
Moyenne. .	2,44	1,46	0,74	2,66	1,58	0,95	0,48	1,73

Entre 1899 et 1903, l'île artificielle sur le bas-fond Baker a été terminée, si bien qu'il est possible que la direction et la vitesse des courants de marée de Woodland Beach à Reedy Island aient changé. En général, les courants suivent la direction des chenaux principal et subsidiaires entre Philadelphie (Pennsylvanie) et Bombay Hook (Delaware).

Le C. et G. S. donne des vitesses de 3,1 pieds (0,94 m) par seconde (1,86 nœud — 3,348 km à l'heure) au flux et 3,88 pieds (1,18 m) à la seconde (2,33 nœuds — 4,194 km à l'heure) au reflux dans le chenal principal à 3 milles et demi (5,631 km) nord-est-demi-nord du phare du cap Henlopen.

Par suite des modifications apportées au fleuve depuis que quelques-unes des observations précédentes ont été faites, il est difficile d'arriver à calculer exactement les maxima et les moyennes de vitesse des courants, hormis peut-être entre l'île aux Roseaux et New-Castle où l'on a fait des observations en 1903, c'est-à-dire depuis l'achèvement de la digue de la barre Bulkhead et l'achèvement partiel de l'île sur le bas-fond Baker. Nous avons déjà donné les résultats. Il est probablement juste d'admettre que le maximum de vitesse au flux varie entre 2,6 et 3,3 pieds (0,79 m et 1 m) par seconde (1,56 et 2 nœuds — 2,808 et 3,600 km par heure), celui au reflux entre 2,4 et 2,6

(1) Plage du Lieu Boisé.

pieds (0,72 et 0,79 m) par seconde (1,44 à 1,56 nœud — 2,592 à 2,808 km par heure) de Philadelphie à New-Castle, et de s'en tenir, pour la partie entre New-Castle et Stony Point, aux résultats des observations de 1903, c'est-à-dire : 4,29 pieds (1,30 m) par seconde (2,57 nœuds — 4,626 km par heure) comme maximum au flux, et 4,26 pieds (1,29 m) par seconde (2,56 nœuds — 4,608 km par heure) comme maximum au reflux.

La moyenne de vitesse, autant que les calculs permettent de l'apprécier, ne doit pas s'éloigner beaucoup de 2 pieds (0,60 m) par seconde (1,2 nœuds — 2,160 km par heure) au flux et au reflux entre Philadelphie et New-Castle, bien qu'il soit probable qu'on puisse trouver une vitesse *plus grande* dans cette partie du fleuve. Au-dessous de New-Castle, la moyenne de vitesse au flux varie entre 2,29 et 2,44 pieds (0,69 et 0,74 m) par seconde (1,37 et 1,46 nœuds — 2,506 et 2,628 km par heure), et celle au reflux entre 1,58 et 2,18 pieds (0,48 et 0,66 m) par seconde (0,95 et 1,31 nœuds — 1,610 et 2,358 km par heure). Si l'on admet ces bases, on conclura que :

1° Le maximum de vitesse au flux entre Philadelphie (Pensylvanie), et New-Castle (Delaware) est de 2,6 à 3,3 pieds (0,79 m à 1 m) par seconde (1,56 à 2 nœuds — 2,808 km à 3,600 km par heure) et le maximum au reflux de 2,4 à 2,6 pieds (0,72 à 0,79 m) par seconde (1,44 à 1,56 nœuds — 2,592 km à 2,808 km par heure). La moyenne de vitesse au flux et au reflux est d'environ 2 pieds (0,60 m) par seconde (1,2 nœud — 1,980 km par heure). De New-Castle à Stony Point, le maximum au flux est de 4,20 pieds (1,30 m) et celui au reflux de 4,26 pieds (1,29 m par seconde) (2,57 à 2,56 nœuds — 4,626 km à 4,608 km à l'heure);

2° L'amplitude moyenne de la marée entre Philadelphie et le phare de Ship John (1) est de 6,1 pieds (1,85 m); celle entre le phare Ship John et le môle Delaware, de 4,5 pieds (1,37 m);

3° Les vitesses extrêmes (maxima) se produisent au flux de deux à quatre heures après la basse mer, au reflux de deux à six heures après la pleine mer.

Effet des courants sur la navigation.

La navigation n'éprouve pas de difficultés du fait des vitesses des courants. Les courants, au flux et au reflux, suivent en général la direction des chenaux principal et subsidiaires.

(1) Jean-Navire.

Chenaux.

Le chenal du fleuve Delaware, de Philadelphie à l'eau profonde dans la baie, a une longueur de 56,32 milles statutaires (90,618 km), dont 23,01 milles (36,923 km) ont une profondeur de 21 à 30 pieds (6,39 à 9,14 m), sur une largeur de 600 pieds et 33,31 milles (53,595 km); une profondeur de 30 à 51 pieds (9,14 m à 15,23 m), sur une largeur de 600 à 2400 pieds (182,82 à 731,28 m). L'alignement s'en prend par les balises de Philadelphie à Deep Water (signal d'eau profonde), dans la baie de Delaware.

VIII

Port de Baltimore (États-Unis).

Baltimore, centre commercial important, est situé au fond de l'estuaire du Patapsco, dans la baie de Chesapeake.

Marées.

L'exhaussement et la dépression de la marée sont faibles, savoir :

MARÉE MOYENNE		GRANDE MARÉE		MORTE EAU		ÉQUINOXE	
PIEDS	MÈTRES	PIEDS	MÈTRES	PIEDS	MÈTRES	PIEDS	MÈTRES
1,2	0,36	1,3	0,39	1,1	0,33	0,8	0,24

Courants.

M. le lieutenant-colonel du Génie R. H. Hoxie, de l'armée américaine, déclare que les courants sont trop faibles pour affecter la navigation, comme on peut s'en rendre compte par le peu d'amplitude des marées. Il n'existe pas trace d'observation des courants.

Chenal.

Le chenal dragué actuel a 600 pieds (182 m) de large, et 30 pieds (9,14 m) de profondeur, à marée basse moyenne ; les côtés en sont inclinés à raison de 1 sur 3. On propose de l'approfondir jusqu'à 35 pieds (10,66 m).

Mouvement.

En 1903, le mouvement a été de 7 736 432 t, qui se décomposent ainsi :

		NOMBRE DE NAVIRES	TONNES	TONNES
Étrangers.	Entrées.	790	1 406 521	
	Sorties	715	1 338 881	2 745 402
Caboteurs.	Entrées. . . .	1 504	2 187 517	
	Sorties	2 213	2 803 432	4 991 030
TOTAUX.		5 222		7 736 432

Les navires à grand tirant d'eau abordent aux docks.

IX

Le Potomac (États-Unis).

Le Potomac prend sa source dans l'État de Virginie-Ouest et se jette dans la baie de Chesapeake. La marée s'y fait sentir jusqu'à Little Falls (1), à 3 milles (4,827 km) au-dessus de Georgetown D. C. (2), qui est la limite de navigabilité, à 120 milles (193,080 km) de la baie.

Marées.

Les « Tables des marées » du C. et G. S., indiquent cette échelle :

	Marée moyenne		Grande marée		Morte eau		Équinoxe	
	Pieds	Mètres	Pieds	Mètres	Pieds	Mètres	Pieds	Mètres
Pointe Lookout (3). . .	1,4	0,42	1,6	0.48	1,2	0,36	1,6	0,48
Baie Breton (M)	1,7	0,51	2 »	0.60	1,4	0,42	1,9	0,57
Alexandrie (V)	2,6	0,79	3 »	0,91	2,2	0,67	2,8	0,85
Navy Yard. Washington . .	3 »	0,91	3,4	1.04	2.5	0,76	3,2	0,97

Courants.

Au-dessous de Little Falls, les courants sont entièrement causés par la marée ; le courant du fleuve n'a aucun effet sur les vitesses de courant au-dessous de Georgetown, excepté lors des « freshets ».

Ce qui suit est extrait d'un communiqué de feu M. le Colonel du Génie A. M. Miller, de l'armée américaine :

« Les courants ordinaires causés par la marée sont lents. Le » maximum de vitesse constaté dans le chenal de Virginie, au- » dessus du Pont Long, pendant les observations par flotteurs » faites à propos des études du Pont Mémorial, était de 50 pieds

(1) « Petites Chutes ».
(2) Georgeville, District de Colombie.
(3) Pointe de la Vigie.

» (15,23 m) à la minute (0,883 pieds — 0,26 m à la seconde, » 0,5 nœud — 900 m à l'heure).

« Pendant le petit « freshet » de mai 1890 dont la hauteur » n'atteignit que 4,3 pieds (1,30 m), au-dessus du niveau de » la marée basse moyenne (à la pointe d'Easby), on a constaté » une vitesse de 343 par minute (5,72 pieds, 1,74 m par seconde » — 3,43 nœuds, 6,17 km par heure) au milieu du chenal.

« Pendant le plus fort freshet dont on ait souvenance (celui » de juin 1899), qui s'éleva à 13,3 pieds (4,04 m) à la pointe » d'Easby, on n'a pas fait d'observations mathématiques de la » vitesse, mais on estime que le courant a été de 10 pieds » (3,04 m) par seconde, (6 nœuds — 10,800 km par heure).

Chenaux.

« Les chenaux du Potomac, à Washington, ont 400 pieds » (121,88 m) de large, et 20 pieds (6,09 m) de profondeur à » marée basse, et au-dessous de Washington 200 pieds (60,94 m) » de large, sur 24 pieds (7,31 m) de profondeur. On présume » qu'on leur donnera bientôt à tous, une largeur de 400 pieds » (121,88 m) et une profondeur de 24 pieds (7,31 m) ».

Mouvement.

Le tonnage annuel du Potomac est d'environ 1 million de tonnes. Les principaux articles dont il est fait commerce sont : la glace, le bois de charpente, le bois, le sable, le plâtre, l'asphalte et les marchandises diverses, transportés en grande partie par des vapeurs de rivière, chalands et schooners, avec de temps en temps un navire de haute mer.

Difficultés dues aux courants.

La navigation ne rencontre pas de difficultés dues à la vitesse des courants, sauf pendant les très forts « freshets ».

X

Baie de Chesapeake (États-Unis).

L'entrée de Baltimore et de Washington est par la baie de Chesapeake, qui a une ample profondeur. Nous extrayons ce qui suit de la carte de la baie de Chesapeake, dressée par Eldrige, 1888.

Courants.

Les courants sont indiqués sur la carte en nœuds à l'heure ; l'auteur a fait les autres calculs :

	REFLUX				FLUX			
	Pieds à la seconde	Nœuds à l'heure	Mètres à la seconde	Kilom. à l'heure	Pieds à la seconde	Nœuds à l'heure	Mètres à la seconde	Kilom. à l'heure
Entre les caps Charles et Henry . . .	1,67	1 »	0,51	1,84	1,67	1 »	0,51	1,84
Par le travers de l'entrée de la rivière d'York.	2,08	1,25	0,63	2,27	2,5	1,5	0,76	2,74
Juste au-dessus de l'emb. du Potomac	0,83	0,5	0,25	0,90	1 »	0,6	0,30	1,09
Par le travers de la pointe des Rocks.	2,33	1,4	0,71	2,56	2,33	1,4	0,71	2,56
Par le travers de l'île Tilghman . . .	1,17	0,7	0,36	1,30	0,83	0,5	2,53	0,90
Par le travers de l'île de Kent	1,85	1,1	0,56	2,02	1,67	1 »	0,51	1,84

Marées.

Les amplitudes que nous donnons ici sont tirées de la même source :

	Pieds.	Mètres.
Au cap Henry	2,75	0,71
A Old Point Comfort. . . .	2,5	0,76
A la pointe de la Cerise . . .	1,4	0,42
A la pointe Lookout (1) . . .	1,4	0,42
A Annapolis.	1 »	0,30
A Baltimore.	1,4	0,42

(1) « Pointe de la Vigie ».

Mouvement.

Le tonnage annuel qui passe dans la baie de Chesapeake, est d'environ 8 millions de tonnes.

Difficultés de navigation.

Une grande profondeur, de spacieuses nappes d'eau, des courants d'allure aisée, généralement parallèles au chenal, rendent facile la navigation dans la baie de Chesapeake.

XI

Port de Charleston, Caroline du Sud (États-Unis).

La ville de Charleston est située sur le port qui porte son nom, abrité du côté de la mer par l'île Morris.

Marées.

L'amplitude des marées est :

MARÉE MOYENNE		GRANDE MARÉE		MORTE EAU		ÉQUINOXE	
PIEDS	MÈTRES	PIEDS	MÈTRES	PIEDS	MÈTRES	PIEDS	MÈTRES
5.1	1,55	6 »	1,82	4,2	1,27	5,8	1,76

Les grandes marées montent fréquemment de plus de 7 pieds (2,13 m).

Chenaux.

M. le Capitaine du Génie G. P. Howell, de l'armée américaine, déclare que : « le chenal a une largeur d'environ 250 pieds » (76,17 m) pour une profondeur de 26 pieds (7,92 m) à marée » basse moyenne et une largeur de 400 pieds (121,88 m) pour » une profondeur de 25 pieds (7,61 m). Il y a au centre une » profondeur de 27 pieds (8,22 m) à marée basse moyenne. Les » points de repère qui marquent le chenal à partir de la mer » sont : alignement de la pointe Cumming (direction ouest demi- » nord) ; alignement du Fort Sumter (direction nord-ouest quart » ouest sur 2 milles — 3,218 km); alignement du mont Plaisant » (direction nord-ouest quart nord sur environ 2 milles — » 3,218 km); et alignement de l'île Sullivan (direction ouest » quart nord) ». On a approfondi le chenal au moyen de jetées parallèles, écartées de 2800 pieds (853 m), et prolongées jusqu'au fond de 26 pieds (7,92 m).

Mouvement.

Le capitaine Howell accuse les chiffres suivants pour Charleston.

Entrées et sorties en 1903 par l'ouverture sur l'océan : 1 495, à savoir :

Étranger.

42 entrées de vapeurs avec cargaisons de fertilisateurs;

35 entrées de vapeurs avec cargaisons de fruits;

14 entrées de voiliers avec cargaisons de fruits, café, etc. ;

12 sorties de vapeurs avec cargaisons de coton, provisions de mer, bois de construction, etc. ;

34 sorties de vapeurs sur lest ;

11 sorties de voiliers avec cargaisons de bois de construction. cailloux, etc.

Cabotage.

435 arrivées de 14 vapeurs clyde avec cargaisons variées, ensemble 80 300 tonnes nettes;

11 arrivées de vapeurs sur lest ;

10 arrivées de vapeurs avec cargaisons de charbon et fertilisateurs ;

36 arrivées de vapeurs à aubes avec cargaisons variées ;

158 arrivées de voiliers avec cargaisons de charbon, fertilisateurs, jute ;

6 arrivées de remorqueurs de mer avec bateaux-citernes à huile ;

435 sorties de 14 vapeurs clyde avec cargaisons principalement de cotons manufacturés, coton, huile de graine de coton, craie, riz, bois de construction, provisions de mer, ensemble 118380 t nettes :

10 sorties de vapeurs avec cargaisons de bois de construction et phosphates ;

41 sorties de vapeurs sur lest ou avec cargaisons partielles pour l'intérieur ;

36 sorties de vapeurs à aubes avec cargaisons variées ;

162 sorties de voiliers avec cargaisons principalement de bois de construction et phosphates ;

6 sorties de remorqueurs de haute mer avec bateau-citerne à huile.

Il y a trois remorqueurs de haute mer employés au port de Charleston. Le commerce avec l'intérieur consiste en bois de construction, phosphates, fertilisateurs, coton, riz, légumes, bétail, graviers, coquillages et marchandises variées. Il est transporté par 4 vapeurs à aubes, 20 remorqueurs, 2 chalands, des bateaux-citernes à naphte, sloops, petits schooners, catboats, allèges et radeaux.

Le tonnage annuel dans les différents chenaux est de :

		TONNES	VALEUR	
			DOLLARS	FRANCS
1902. Entrée de l'Océan	importations	448 768	16 466 473	82 332 365
	exportations	374 077	18 280 997	91 402 620
	TOTAL	822 845	34 746 997	173 734 985
1903. Entrée de l'Océan	importations	396 220	12 190 485	60 952 425
	exportations	290 940	35 575 469	177 877 345
	TOTAL	687 160	47 765 954	238 829 770
1902. Goulet Wappoo		143 165	2 637 481	13 185 905
1903. — —		153 594	2 682 115	13 410 575
1903. Passe intérieure (vers le nord)		33 344	579 520	2 897 600

A la date du 24 août 1904, le capitaine Howell écrit que les courants de marée sont comme suit; les chiffres donnent les maxima de vitesse :

	PIEDS A LA SECONDE	NŒUDS A L'HEURE	MÈTRES A LA SECONDE	KILOMÈTRES A L'HEURE
Marées de morte eau	3,33	2 »	1,02	3,66
Grandes marées	6,67	4 »	2,03	7,31

Ces maxima se présentent au reflux.

Difficultés de navigation.

Le capitaine Howell déclare que « il n'y a pas de difficultés spéciales ni de dangers. On doit agir avec quelque prudence dans l'alignement du mont Plaisant pendant les forts reflux qui produisent un contre-courant à l'extrémité vers le large de ce passage. »

XII

Galveston, Texas (États-Unis).

Galveston est situé sur une île basse et sablonneuse qui sépare le golfe du Mexique de la baie de la Trinité.

En ce qui concerne la partie de ce qui suit relative aux chenaux et aux courants je suis obligé à M. le Capitaine du Génie G. M. Hoffman, de l'armée américaine, pour son communiqué en date du 16 août 1904.

Chenaux.

L'entrée du port de Galveston se fait par « une passe naturelle » munie de deux jetées parallèles et d'un chenal dragué. » L'écartement des jetées est de 7 000 pieds (2 132 m) ; la largeur » du chenal navigable profond de 24 pieds (7,31 m) est d'en- » viron 1 000 pieds (304,70 m). La passe a des courbes de 13 000 » à 15 000 pieds (3 961 à 4 571 m) de rayon ».

Le chenal de Galveston, entre les jetées « était originairement » une passe naturelle, mais il a été creusé et élargi artificielle- » ment. La largeur varie de 160 à 550 pieds (48 à 167 m) et la » profondeur de 27,5 à 32 pieds (8,57 m à 9,75 m). Il forme une » courbe large. Il est protégé au nord par une digue en pilotis » et fagots jusqu'à 1 400 pieds (426 m) de l'extrémité des entre- » pôts. On a déposé derrière la digue la plus grande partie des » matières draguées.

» Le chenal maritime de Galveston est une passe toute artifi- » cielle large de 150 pieds (45,71 m) et profonde de 18,5 pieds » (5,63). Il forme une ligne pratiquement droite dans les baies » supérieure et inférieure de Galveston ».

MARÉES.

Le capitaine Hoffman accuse comme amplitudes :

	Pieds.	Mètres.
	—	—
Sur la barre extérieure	2 »	0,60
Sur la barre intérieure et dans l'entrée du chenal de Galveston . . .	1,64	0,49
Dans le chenal par le travers de la ville	1,12	0,341
Extrémité inférieure du chenal maritime	1,20	0,36
Extrémité supérieure du chenal à la pointe Morgan	0,06	0,18.

Ces hauteurs dépendent beaucoup de la direction du vent.

COURANTS.

Le capitaine Hoffman indique les vitesses de courants suivantes, toutes dues à la marée :

	PIEDS A LA SECONDE	NŒUDS A L'HEURE	MÈTRES A LA SECONDE	KILOMÈTRES A L'HEURE
Entrée { maximum	5,8 à 7,5	3,5 à 4,5	1,77 à 2,29	6,37 à 8,24
Entrée { ordinaire.	2,5 à 2,9	1,5 à 1,75	0,76 à 0,88	2,74 à 3,17
Chenal { maximum	7,5	4,5	2,29	8,24
Chenal { ordinaire.	3,3	2 »	1,01	3,64
Chenal maritime. Maximum à la tranchée de Red Fish Reef (1)	8,3	5 »	2,53	9,11
Chenal maritime, ordinaire à travers la baie. . .	0,8 à 1,7	0,5 à 1 »	0,24 à 0,52	0,86 à 1,87

(1) « Tranchée de l'écueil du Poisson-Rouge ».

Dans une note, le capitaine Hoffman ajoute : « Les courants
» dépendent tellement du vent qu'on peut dire qu'il n'existe
» pas de courants ordinaires, ils sont en général extraordinaires.
» Depuis la construction de la digue sur le côté nord du chenal
» de Galveston, les courants ont beaucoup augmenté et on ne
» peut qu'essayer de les deviner tant que les observations pro-
» jetées n'auront pas été faites ».

Difficultés de navigation.

Le capitaine Hoffman déclare que, *dans le port et à l'entrée*, « il » n'y a pas pour la navigation de difficultés dues aux courants, » excepté pour gagner le chenal sur la barre extérieure par » grand vent; les navires courent alors le risque de drosser à » certaines phases de la marée si on ne manœuvre pas avec » attention ou si l'on ne connait pas bien le port ». Dans le *chenal de Galveston*, « il n'y a ni difficultés ni dangers dus aux courants. » Les vaisseaux sont quelquefois retardés à cause de l'étroitesse » du chenal; quand ils arrivent à la hauteur d'autres vaisseaux, » c'est un encombrement ». Dans le *chenal maritime*, « la seule » difficulté est de rester dans la voie qui est étroite, le seul » danger est d'en sortir. Il y a plus à craindre que le vent jette » à l'échouage sur la rive les navires, remorqueurs et chalands » que toute autre chose ».

Mouvement.

Le tonnage-frêt du port est d'environ 1 500 000 t. Voici les entrées et sorties du commerce avec l'étranger en 1903. On n'a pu se procurer les statistiques du cabotage.

Entrées	758 640 t
Sorties	1 007 184
Total. . . .	1 765 824 t

XIII

Le Mississipi (États-Unis).

Sources des renseignements.

L'Encyclopédie Britannique, les différents rapports de la Commission du fleuve Mississipi ; le « Rapport d'une étude de la passe sud-ouest », 1899 ; un excellent mémoire sur « Le débit du Mississipi », par feu M. W. Starling, membre de la Société des Ingénieurs civils d'Amérique, qui est inséré dans les « Transactions of the American Society of Civil Engineers » (1), vol. XXXIV, 1895; les observations personnelles de l'auteur ; les Rapports d'Inspection, passe sud.

Les sources du Mississipi proprement dit, ou, pour nous servir du nom usuel, du Missouri, se trouvent dans le Great Divide, État de Montana. De là à Saint-Louis le fleuve s'appelle Missouri. C'est un cours d'eau assez étroit, dont le chenal est si peu profond, si étriqué et variable, que la navigation y est insignifiante. A Saint-Louis le bras appelé Mississipi, cours d'eau clair et profond venu de la partie septentrionale de l'État de Minnesota en suivant une direction nord-sud, rejoint l'autre bras, plus long que lui, et le fleuve ainsi formé descend se jeter dans le golfe du Mexique, après avoir reçu en chemin des affluents énormes tels que l'Ohio, l'Arkansas et la Rivière Rouge.

On a écrit des tomes au sujet de ce fleuve et cependant on n'a pas dit la dixième partie de ce qu'il y a à en dire. C'est un fantasque. Veut-on s'en faire une idée? Avec une différence d'étiage de 40 pieds (12,18 m), l'auteur a trouvé, dans le même secteur, des débits variant de 140 000 à 1 400 000 pieds cubes (5 960 à 39 600 m³) soit par eaux basses 10 0/0 seulement du volume atteint par les hautes eaux !

Des sources du Missouri au golfe du Mexique, la distance st d'environ 4 200 milles (6 757 km). Pendant 1 100 milles 1 769,900 km), c'est-à-dire depuis le confluent de l'Ohio, le fleuve coule sur un lit d'alluvions et les inondations sont fréquentes.

(1) « Compte rendu des Travaux de la Société des Ingénieurs Civils d'Amérique ».

Delta du Mississipi.

Le Mississipi pénètre dans le golfe par trois bras principaux : la passe à Loutre à l'est, la passe Sud au milieu, et la passe Sud-Ouest à l'ouest.

Passe Sud.

On a amélioré la Passe Sud de 1875 à 1879, par la construction de jetées parallèles, et donné partout au chenal une profondeur au centre de 30 pieds (9,14 m) et de 26 pieds (7,92 m) sur une largeur de 200 pieds (60 m). (La longueur est de 15 milles — 24,135 km). L'exhaussement et la dépression de la marée sont de 1,6 pied (0,48 m).

Mouvement.

C'est par cette entrée, la plus petite, que fait route tout l'immense commerce extérieur et côtier de la Nouvelle-Orléans. Pendant l'année financière 1902, le tonnage suivant a passé entre les jetées :

	Entrées		Sorties	
	Nombre	Tonnage	Nombre	Tonnage
Avec l'étranger.				
Vapeurs	901	1 439 767	1 002	1 750 051
Voiliers	67	39 071	49	36 337
Caboteurs.				
Vapeurs	345	877 891	245	595 770
Voiliers	33	12 630	34	7 580
Total	1 346	2 369 359	1 330	2 389 738

Le tonnage réel a été de :

Importations	510 249	Déchargements	358 604
Exportations	2 071 399	Chargements	445 396
Total avec l'étranger	2 581 648	Total avec l'intérieur	804 038

Pendant l'année, 73 navires ayant un tirant d'eau de 26 pieds (7,92 m) et plus ont traversé la passe. Le plus grand tirant a été de 28 1/3 pieds (8,53 m).

Courants.

Dans le golfe, on a constaté, à 26 pieds (7,92 m) au-dessous de la surface, un contre-courant de 3 pieds (0,91 m) à la seconde (1,8 nœud — 3,240 km à l'heure), tandis que les courants de surface se dirigeaient droit vers le large.

Voici les vitesses notées :

LOCALITÉS	PIEDS à la SECONDE	NŒUDS à L'HEURE	MÈTRES à la SECONDE	KILOM. à L'HEURE	OBSERVATIONS
Dans le chenal entre jetées.	4 » à 5,3	2,4 à 3,2	1,22 à 1,62	4,4 à 5,83	Surface : 1882.
Dans le golfe	2,2 à 4,6	1,3 à 2,8	0,67 à 1,40	2,4 à 5 »	— —
Port Eads.	1 » à 6,7	0,6 à 4 »	0,30 à 2,04	1,1 à 7,3	Dépend de l'étiage du fleuve. Chiffres pris à mer étale.
Sommet de la passe :					
Vitesse moyenne.	1 » à 4,7	0,6 à 2,8	0,30 à 1,43	1,1 à 5,1	Dépend de l'étiage du fleuve
— maxima.	5,8	3,5	1,77	6,4	

Dangers pour la navigation.

Ces courants sont parallèles au chenal et n'offrent pas de dangers pour la navigation. Par grand vent, on a parfois de la peine à prendre l'étroite entrée entre les jetées, les tempêtes étant très violentes sur cette côte.

Passe Sud-Ouest.

En vue d'assurer une entrée large, on est en train de construire, dans cette grande passe, des jetées de 2400 pieds (731,28 m) ; on veut obtenir un chenal de 35 pieds (10,68 m) de profondeur par les plus basses marées. Jusqu'ici le mouvement de navires est insignifiant. Le courant varie de 1 à 5 pieds (0,30 à 1,52 m) par seconde avec un maximum de 6 pieds (1,82 m) à la seconde (3,6 nœuds — 6,480 km à l'heure) en un seul endroit. Il dépend de l'étiage du fleuve. On trouve sur la barre des vitesses de 3,4 à 4,2 pieds (1,04 à 1,27 m) à la seconde par 18 pieds (5,48 m) d'eau et pas de marée.

Passe a Loutre.

Cette passe est très peu profonde. La navigation ne l'emploie pas. Les vitesses y varient de 1 à 4,7 pieds (0,30 à 1,43 m) par seconde selon l'étiage du fleuve. Le maximum est de 5,8 pieds (1,76 m). On n'y a pas apporté d'améliorations.

Le Mississipi proprement dit.

C'est un cours d'eau où la marée ne se fait pas sentir. Les variations de niveau y sont extrêmes. Les conditions hydrauliques sont, dans leurs grandes lignes, les suivantes :

Localités	Descente par mille (1 609 mètres)		Largeur entre les rives		Moindre profondeur à eaux basses sur les barres		Variations d'étiage	
	Pieds	Mètres	Pieds	Mètres	Pieds	Mètres	Pieds	Mètres
Saint-Louis.	0,500	0,15	»	»	2	0,60	37 »	11,27
Cairo	0,497	0,15	4 500	1 371	2	0,60	51 »	15,59
Colomb (Mo). . . .	0,571	0,17	4 500	1 371	5	1,52	47 »	14,32
Memphis.	0,436	0,13	4 500	1 371	5	1,52	40 »	12,18
Natchez	0,309	0,09	4 100	1 249	6	1,82	51 »	15,59
Ponton de la Rivière Rouge.	0,266	0,07	4 100	1 249	6	1,82	44,3	13,49
Baton Rouge	0,220	0,06	3 000	914	»	»	31,1	9,07
Carrolton	0,147	0,04	2 500	761	»	»	4,5	1,37

Note.

Au moyen de dragues hydrauliques, la Commission du fleuve Mississipi réussit à maintenir une profondeur de 6 à 8 pieds (1,82 à 2,43 m) sur les barres aux époques où les eaux sont les plus basses.

Chenaux.

Quand les eaux sont hautes, on trouve des profondeurs de 60 à 100 pieds (18,28 à 30,47 m) et les navires peuvent circuler partout. Quand elles sont basses, les profondeurs basiques sont en règle générale celles indiquées ci-dessus avec des trous entr'elles et les chenaux sont, sur les bas-fonds, étroits et sinueux.

Vélocités.

Comme on l'imagine, l'échelle des vitesses est grande. On a jaugé ce cours d'eau avec le plus grand soin et à maintes reprises pendant ces vingt dernières années. Les résultats de ces mesurages sont exposés systématiquement dans les divers rapports annuels de la Commission du fleuve Mississipi. Nous en donnons ci-dessous un résumé en tant qu'ils intéressent la navigation.

Vitesses moyennes du courant du Mississipi par eaux hautes.

LOCALITÉS	PIEDS À LA SECONDE	NŒUDS À L'HEURE	MÈTRES À LA SECONDE	KILOM. À L'HEURE
Saint-Louis	5,4	3,2	1,65	5.9
Grafton	2.8	1,7	0,85	3,1
Chicot (Arkansas)	7,5	4.5	2.29	8,2
Ville d'Arkansas (Arkansas)	5,4	3,2	1,65	5,9
Pointe Wilson (La)	6,4	3,9	1,95	7 »
Vicksburg (Mississipi)	7,5	4,5	2,29	8,2
Ponton de la Rivière Rouge (La)	5,2	3,1	1,59	5,7
Carrolton (La)	6,6	4 »	2,01	7,2

L'auteur a constaté jusqu'à 8,6 pieds (2,62 m) à la seconde (5,2 nœuds — 9,360 km à l'heure) au coude de Louisiane par 25 pieds (7,61 m) d'eau, mais dans le chenal principal la vitesse était réduite à 7,8 pieds (2,37 m) par seconde (4,7 nœuds — 8,460 km à l'heure). Les vitesses de courant par basses eaux sont de 1 à 2 pieds (0,30 à 0,60 m) par seconde (0,6 à 1,2 nœud — 1,080 à 2,160 km par heure).

Mouvement.

Les transports se font tous par vapeurs à haute pression, à roues latérales ou arrière, à fond plat et à très faible tirant d'eau. De Pittsburgh on descend le charbon par immenses trains de chalands manœuvrés par de puissants remorqueurs à roue arrière, pendant que l'étiage du fleuve est élevé ou moyen. Les vapeurs remorquent les chalands à vide en remontant. Les vapeurs marchands descendent d'énormes cargaisons de bière, de spiritueux et de marchandises lourdes ; ils remontent du coton,

d'habitude quand le fleuve est bas. Quand les eaux sont hautes, le trafic amont est en général faible, le trafic aval intense. Par basses eaux, des chalands de charbon se perdent souvent dans les coudes brusques où un courant violent balaie la rive concave; cela arrive lorsque le pilote a mené son train trop près de la rive convexe ou rive à barres et l'échoue sur les bas-fonds. Mais la navigation ordinaire n'est pas sérieusement gênée par le courant, en dehors de la diminution de rapidité de marche.

Pendant l'année financière 1902, le mouvement commercial a été de :

Tonnage entre :

Saint-Louis et Cairo	641 182 t
Cairo et Memphis	618 390
Memphis et Vicksburg.	233 359
Vicksburg et la Nouvelle-Orléans	304 754
La Nouvelle-Orléans et le Golfe.	3 053 851

y compris les exportations et importations et le cabotage.

Les déchargements et chargements à la Nouvelle-Orléans ont été de 3 097 800 t.

Périodicité des degrés d'étiage.

Généralement il y a extrême hauteur d'eau une fois par an. Le maximum de hauteur dure d'une à deux semaines. La rivière grossit pendant douze à quinze semaines et décroît en à peu près autant de temps. L'extrême eau basse dure d'une semaine à trois mois.

XIV

San-Francisco (Californie, États-Unis).

San-Francisco est situé sur la baie de ce nom, en Californie, à 7 milles (11,263 km) de la mer. Le goulet s'appelle la « Golden Gate », Porte-d'or. C'est un des plus beaux ports du monde.

Marées.

L'échelle des marées est celle-ci :

	Marée moyenne		Grande marée		Morte eau		Équinoxe	
	Pieds	Mètres	Pieds	Mètres	Pieds	Mètres	Pieds	Mètres
Rivage Nord. . . .	3,7	1,12	4,4	1,34	2,8	0,85	6,3	1,91
Rue de la Mission .	4,2	1,27	5 »	1,52	3,2	0,97	6,9	2,10
Oakland (1)	4,5	1,37	5,4	1,64	3,5	1,06	7,4	2,25
Ravenswood (2) . .	6 »	1,82	7,2	2,13	4,6	1,40	9,3	2,62

(1) La Chênaie.
(2) Bois du Corbeau.

Chenaux.

Les moindres profondeurs dans le port sont de 30 pieds (9,14 m) à marée basse moyenne. Il y a 32 pieds (9,75 m) sur la barre, de 42 à 100 pieds (12,79 à 30,47 m) juste à l'intérieur de la barre, de 120 à 300 pieds (36,56 à 91,41 m) dans la Porte-d'or et 48 pieds (14,62 m) contre la ville.

Mouvement.

Le tonnage des marchandises de commerce extérieur et intérieur, enregistré comme entré et sorti du port en 1903, est de 3 367 646 t. 1 036 navires sont entrés, 1 414 sortis. La nature de la batellerie est identique à celle de tous les autres ports amé-

ricains de premier ordre : vapeurs, voiliers, chalands et remorqueurs. Les caboteurs rentrent dans ces catégories, mais sont de dimensions réduites. Les cours d'eau tributaires du port sont sillonnés de remorqueurs à vapeur, voiliers et vapeurs de rivière. (Communiqué de M. le Colonel du Génie W. H. Heuer, de l'armée américaine).

Courants.

Le Colonel Heuer déclare que les maxima de vitesse de courant à la surface sont, « dit-on », les suivants :

	PIEDS A LA SECONDE	NŒUDS A L'HEURE	MÈTRES A LA SECONDE	KILOMÈTRES A L'HEURE
Entrée	10 à 12	6 à 7,2	3,05 à 3,66	11 à 13,18
Port intérieur	8 à 9	4,8 à 5,4	2,44 à 2,75	8,78 à 9,9
D'après Wheeler	6,7	4	2	7,2

Difficultés pour la Navigation.

Le colonel Heuer, assure que « les dits courants n'offrent pas de dangers spéciaux, excepté par mauvais temps, obscurité ou brume ».

On remarquera que les vitesses indiquées ci-dessus sont données comme maxima à la surface.

La baie de San-Francisco a une superficie considérable, et l'entrée du côté de la mer par la Porte-d'or est étroite avec un dénivellement de marée assez élevé.

XV

Fleuve de Colombie (États-Unis).

Ce grand fleuve du versant occidental des États-Unis, prend sa source dans les Possessions Britanniques, coule vers le sud, puis vers l'ouest et se jette dans l'Océan Pacifique, entre l'État de Washington et celui d'Orégon, après leur avoir servi de frontière sur une longueur de 330 milles (530 km). Son plus important affluent, le Willamette, sur lequel se trouve Portland à 12 milles (19,308 km) au-dessus du confluent, sort de la chaine de la Cascade, à environ 150 milles (241 km) au sud des sources du Colombia, descend vers le nord et se jette dans le Colombia à environ 105 milles (168 km) de l'embouchure de ce dernier.

Pour la description du cours supérieur du Colombia, depuis la frontière anglo-américaine, jusqu'à la tête des Rapides de l'ile du Rocher, pour la mesure des courants et des pentes dans cette partie du fleuve, voir le rapport annuel de l'Officier Commandant le Génie de l'armée américaine, année 1893, pages 3383 à 3399.

Cette partie est rocheuse et sauvage. La vitesse de courant y est de 6 à 15,38 milles anglais (9,654 à 24,746 km) à l'heure (9 à 22,6 pieds — 2,74 à 6,88 m à la seconde); tandis que, de la frontière internationale au confluent de l'Okanagan (214 milles — 344 km), elle est de 1 à 3,48 milles (1,609 à 5,578 km) à l'heure (5,1 pieds — 1,55 m à la seconde).

La pente moyenne est de 2,5 pieds (0,76 m) par mille, avec de longs biefs où se trouvent des vitesses de courant de 8 à 10 milles anglais (12,872 à 16,090 km) à l'heure.

Ce qui suit est en grande partie extrait d'un communiqué de M le Major du Génie W. C. Langfitt, de l'armée américaine, en d te du 10 août 1904.

Chenal.

« Le chenal du fleuve de Colombie est naturel. Il a été amé-
» lioré dans une certaine mesure, par des dragages annuels,
» la construction de digues, l'enlèvement de rochers. Il a, par
» basses eaux, une profondeur de 24 pieds (7,31 m), depuis
» l'embouchure jusqu'au confluent du Willamette, c'est-à-dire
» sur une distance d'environ 100 milles (160 km), et, de ce der-
» nier point jusqu'aux Rapides des Dalles (encore environ
» 100 milles), il a 8 pieds et plus (2,43 m).

» Aux Cascades, à 156 milles (251 km) de l'embouchure, il y
» a un canal droit de 3000 pieds (914 m) de long, avec une
» écluse principale de 521 pieds de longueur (158,40 m) et 90
» (28,33 m) de largeur; construite pour une ascension de
» 24 pieds (7,31 m) avec 7 pieds (2,13 m) d'eau sur le busc.

» Le sas supérieur forme, avec la porte supérieure de l'écluse
» principale, une seconde écluse dont on se sert quand les eaux
» sont hautes, et qui donne une ascension de 18 pieds (5,48 m) ».

Mouvement.

« (*a*) En 1903, 66 navires de haute mer sont entrés dans le
» fleuve et 126 en sont sortis. L'ensemble de leur tonnage a été
» de 477 000 t. » Profitant des marées, des vaisseaux tirant
» 24 pieds (7,31 m) sortent fréquemment tirés par des remor-
» queurs.

» (*b*) Il y a eu 486 entrées et 519 sorties de caboteurs. Tonnage
» total 1 040 000 t. Le fret total qui a passé la barre pendant
» l'année a été de 832 184 t.

» (*c*) Le nombre des bateaux de rivière circulant sur le fleuve
» de Colombie et ses affluents a été de 105 (tonnage total de plus de
» 20 000 t). Ils ont transporté 1 596 000 t de fret pendant l'année ».

Marées.

A l'embouchure du Colombia, les vitesses ordinaires et maxima sont dues à la marée. L'amplitude moyenne de cette dernière est de 7,4 pieds (2,25 m), avec un maximum de 9,5 pieds (2,89 m).

Courants.

Les maxima de vitesse des courants de marée sont variables; à l'entrée ils sont d'environ 4,5 milles (7,240 km) à la butée de la jetée. Certains pilotes prétendent avoir rencontré des vitesses de 6 milles à l'heure (9,654 km) à l'extrémité de la jetée.

A mesure qu'on pénètre dans les terres, l'influence de la marée diminue; elle se fait sentir légèrement par très basses eaux jusqu'à 150 milles (241 km) de la mer. Pendant les freshets annuels, en mai, juin et juillet, sa zone d'action est beaucoup plus courte.

L'échelle d'étiage *annuelle* du fleuve va de 0 à l'embouchure à 40 pieds (12,18 m) au-dessus du niveau des basses eaux, aux écluses de la Cascade et en amont.

Jusqu'au confluent du Willamette, à 100 milles (160 km) de la mer, il n'y a pas, au point de vue pratique et pour la navigation, de dangers provenant des courants. A peu près la seule difficulté à signaler est celle que rencontrent les remorqueurs tirant de grands trains de chalands pendant le freshet annuel d'été, moment où le maximum de vitesse de courant atteint peut-être de 4 à 6 milles (6,436 à 9,654 km) à l'heure.

Au-dessus du confluent du Willamette et jusqu'aux Rapides des Dalles, il n'y a pas grand trafic. Les bateaux courent quelque danger et ont quelque difficulté à circuler en toute saison. Les dangers et les difficultés augmentent à mesure que la rivière grossit, et quand elle dépasse 38 pieds (11,57 m) au-dessus du niveau des basses eaux, à l'entrée aval des écluses de la Cascade, toute navigation cesse. A cet étiage, les courants sont trop rapides, surtout à un certain endroit, pour permettre aux vapeurs de passer. La vitesse est de quelque chose comme 8 à 10 milles (12,872 ou 16,090 km) à l'heure et peut-être davantage.

Tonnage du haut Fleuve.

Le tonnage du trafic, dans le fleuve proprement dit, est d'un peu plus de 20 000 t.

Le major Langfitt confirme les grandes vitesses de courant du haut Fleuve (8 à 10 milles — 12,872 à 16,090 km à l'heure et peut-être davantage).

Résumons en un tableau les maxima de vitesse.

	PIEDS à la seconde	NŒUDS à l'heure	MÈTRES à la seconde	KILOM. à l'heure	OBSERVATIONS
Entrée. Butée de la jetée	6,6	3,96	2	7,2	Déclarations de pilotes.
— Extrémité de la jetée	8,8	5,28	2,7	9,7	
Haut fleuve. Entrée aval des écluses de la Cascade	11,7 à	7 à	3,6 à	13 à	La navigation cesse.
Quand l'étiage est de plus de 38 pieds au-dessus des basses eaux.	14,4	8,6	4,4	15,8	

Nous voyons ici qu'une vitesse de 7 à 8,6 nœuds (13 à 15,8 km) à l'heure arrête la navigation en rivière. Cela est dû en partie aux remous et aux rochers qui n'ont pas encore été enlevés. Les courants, dans le cours supérieur, sont purement fluviaux.

XVI

Port de Tampico (Mexique).

Tampico, le port qui a le plus fort tonnage du Mexique, est situé sur la rive nord du fleuve Panuco, à quelques 7 milles (11 km) du golfe du Mexique (1). Le Panuco a un bassin d'environ 36 400 milles carrés (94 272 km²) dont les pentes s'élèvent jusqu'aux plateaux à 7 000 pieds (2 132 m) au-dessus du niveau de la mer. L'écoulement des eaux est rapide à cause de la roideur de l'inclinaison.

Marées.

Les marées sont diurnes et varient de 1,25 pied (0,38 m) — moyenne — à 2 pieds (0,76 m), selon le vent.

Chenal.

La moindre profondeur dans le fleuve au-dessous de Tampico est de 26 pieds (7,92 m) à marée basse. On a construit des jetées parallèles de 6 500 et 6 800 pieds (1 980 et 2 071 m) respectivement et écartées de 1 000 pieds (304 m). A Tampico, le fleuve a environ 1 150 pieds (350 m) de large. Le coude le plus brusque en aval de la ville a un rayon de 3 000 pieds (914 m). La moindre largeur du chenal de 24 pieds (7,31 m) de profondeur est de 580 pieds (176 m); la moyenne de 750 pieds (228 m). La largeur moyenne du chenal de 26 pieds de profondeur est de 350 pieds (106 m). La moindre profondeur du chenal entre les jetées et sur l'ancienne barre est de 28 pieds (8,53 m).

Courants.

Par grandes crues, le fleuve débite environ 190 000 pieds cubes (5 379 m³) à la seconde. Par fortes crues, la pente à la surface est d'environ 10 pouces (0,25 m) par mille; par crues ordinaires elle est d'environ 7 pouces (0,17 m). Le débit maximum par crue extrême est de 215 000 pieds cubes (6 087 m³) par seconde,

(1) Et à peu de distance en aval de la jonction du Panuco avec le Tamesi, les deux cours d'eau réunis sont quelquefois appelés Tampico. El. Reclus. *(Note du Traducteur.)*

donnant une vitesse moyenne de courant de 7,3 pieds (2,22 m) par seconde près de l'embouchure.

Pendant les grandes crues les vitesses entre les jetées sont considérables. En 1893, pendant une crue extraordinaire, un vapeur capable de filer 12 milles (19 km ou 10,9 nœuds) n'a pas pu entrer malgré plusieurs tentatives. La pente était alors de 2,75 pieds (0,83 m) par mille et la vitesse moyenne de 8,2 milles (7,31 nœuds — 13,193 km) à l'heure.

Le 20 juillet 1893, la pente entre les jetées était de 1,6895 pied (0,51 m) par mille, et la vitesse du courant de 8,2 pieds (2,49 m) par seconde. Le 24 juillet 1893, la pente était de 2,8432 pieds (0,86 m) et le 26 juillet elle était de 2,473 pieds (0,87).

Récapitulation des vitesses de courant.

	PIEDS A LA SECONDE	NŒUDS A L'HEURE	MÈTRES A LA SECONDE	KILOMÈTRES A L'HEURE
Crue ordinaire. Vitesse moyenne	7,3	4,4	2,2	7.9
Crue extraordinaire (juillet 1893). Vitesse moyenne. Pente 2,75 pieds (0,83 m) au mille. .	12,	7,2	3,6	13,0
Crue extraordinaire (20 juillet 1893). Pente 1,6895 pied (0,51 m) au mille. . .	8,2	4.9	2.45	8,8

Mouvement.

En 1902, les importations de Tampico ont été de 541 818 t; les exportations, de 167 337 t. Ce trafic est tout entier fait par vapeurs de haute mer.

Quand le fleuve a un étiage ordinaire, il n'y a pas de difficultés dues aux courants. Parfois une crue extraordinaire produira des vitesses de nature à empêcher même un vapeur d'entrer. Heureusement ces crues sont de courte durée.

Les renseignements d'où l'on a tiré ce qui précède se trouvent dans un mémoire de M. E. L. Corthell, publié dans les *Proceedings of the Institution of Civil Engineers* (1), années 1895-96, vol. CXXV, et d'une monographie par le même auteur intitulée *Tampico Harbor works, prepared for the Saint-Louis Exhibition of 1904* (2). M. Corthell était l'Ingénieur en chef des travaux qui ont porté la profondeur de 8 pieds (2,43 m) en 1889 à 28 pieds (8,53 m) aujourd'hui.

(1) « Actes de l'Institut des Ingénieurs Civils » (Londres).

(2) Les Travaux du Port de Tampico, mémoire préparé pour l'Exposition de Saint-Louis 1904.

XVII

L'Humber (Angleterre).

L'Humber est formé par la réunion de la Trent, du Don, de l'Aire, de l'Ouse et de la Derwent. Il se jette dans la mer du Nord. Sur sa rive septentrionale, à 23 milles (37 km) de la mer, se trouve l'important port de Hull.

Marées.

Voici l'échelle des amplitudes moyennes :

LOCALITÉS	MAREÉ MOYENNE		GRANDE MARÉE		MORTE EAU		ÉQUINOXE	
	PIEDS	MÈTRES	PIEDS	MÈTRES	PIEDS	MÈTRES	PIEDS	MÈTRES
Spurn Head (1) . .	10,4	3,16	18,5	5,63	9,9	3,01	14,5	4,41
Great Grimsby . .	14,9	4,54	19,1	5,81	10,3	3,13	15 »	4,57
Hull	15,9	4,84	20,1	6,12	11,1	3,38	16 »	4,87
Goole.	10 »	3,04	12,8	3,90	6,9	2,10	10,1	3,07

(1) Pointe de Spurn.

Chenal.

Wheeler établit les données suivantes pour les distances et profondeurs :

LOCALITÉS	DISTANCE ENTRE		PROFONDEUR MOYENNE			
			PLEINE MER		MER BASSE	
	milles	kilom.	pieds	mètres	pieds	mètres
Spurn Head, embouchure et Hull.	23	37	40	12,18	60	18,28
Goole, commencement de l'Humber	23	37	10	3,04	22	6,70
Naburn	28	45	6	1,82	12	3,65
Gainsborough-sur-Trent	65	104	6	1,82	12	3,65

A Hull, la largeur à marée basse est de 8 200 pieds (2 498 m); elle est de 700 pieds (213 m) à Goole, et le rayon du chenal est de 1 683 pieds (512 m). A Withan, où il y a un coude de 8 500 pieds (2 589 m) de rayon avec une largeur de 200 pieds (60 m) à marée basse, les vapeurs de 3 000 tx n'ont pas de difficulté à prendre la courbe. A l'entrée du Dock Boston le chenal a une largeur de 120 pieds (36,56 m) et un rayon de 1 056 pieds (321,76 m).

Courants.

A Hull, les courants de l'Humber ont un maximum de vitesse de 4 nœuds (7,200 km). A Swinefleet le maximum de vitesse des courants de marée est de 5 à 6 nœuds (9 à 10,800 km) dans l'Ouse.

	Pieds à la seconde	Nœuds à l'heure	Mètres à la seconde	Kilomètres à l'heure
A Hull	6,7	4	2	7,2
Dans l'Ouse	8,3 à 10	5 à 6	2,5 à 3	9 à 10,8

Mouvement.

Voici les statistiques commerciales de Hull sur Humber pour 1903. Le tonnage est net.

	Commerce extérieur		Cabotage	
	Nombre de navires	Tonnage	Nombre de navires	Tonnage
Entrées.	3 162	2 631 778	3 123	644 523 t
Sorties.	2 715	2 055 140	3 224	1 114 011
Totaux	5 877	4 686 918	6 347	1 758 224 t

Nombre total des entrées et sorties 12 224

Tonnage net total des entrées et sorties . . . . 6 445 452 t

Les courants ne sont d'aucun embarras à la navigation qui est de haute mer et de cabotage.

XVIII

La Tamise (Angleterre).

Ce fleuve, le plus important de la Grande-Bretagne, prend sa source à 170 milles (273,530 km) au-dessus du Pont de Londres (1), et à 228 milles (366,852 km) au-dessus de Sheerness, qui est à l'embouchure.

C'est sur ses rives qu'est situé Londres, la plus grande ville du monde, à 58 milles (93,322 km) de l'estuaire.

Marées.

La marée se fait sentir dans la Tamise jusqu'à Teddington, à 77 milles (123,893 km) de l'embouchure.

Voici l'échelle des amplitudes moyennes :

LOCALITÉS	MARÉE MOYENNE		GRANDE MARÉE		MORTE EAU		ÉQUINOXE	
	PIEDS	MÈTRES	PIEDS	MÈTRES	PIEDS	MÈTRES	PIEDS	MÈTRES
Scheerness	13,1	3,99	15,9	4,84	9,9	3,01	13,2	4,02
Chatham (2) . . .	14,6	4,44	17,8	5,42	3,5	1,06	14,7	4,47
Gravesend.	14,9	4,54	18,2	5,54	3,7	1,12	15 »	4,57
Woolwich.	15,3	4,66	18,2	5,54	11,9	3,62	15,2	4,63
Greenwich	15,8	4,81	18,8	5,72	12,3	3,74	15,7	4,78
Docks de Londres.	17,2	5,24	20,5	6,24	13,4	4,08	17 »	5,17
Pont de Londres. .	17 »	5,17	20,2	6,15	13,4	4,08	16,8	5,11

Il y a sept heures de jusant et cinq de flux.

Le flot voyage du Nore au Pont de Londres (40 milles — 64.360 km) en deux heures, et du pont de Londres à Teddington (19 milles — 30,571) en deux heures.

(1) London de Llyn-Din, mots celtes qui signifient « la ville sur le lac ». Henry Robinson. Minutes des Actes de l'Institut des Ingénieurs Civils de Londres. Vol. XV.
(Note du Traducteur.)

(2) Chatham est sur la Medway, qui se jette dans la Tamise à Sheerness, 28 km plus bas.
(Note du Traducteur.)

CHENAUX.

Les distances et profondeurs suivantes, pour la partie de la Tamise où la marée se fait sentir, sont données par Wheeler et ont été relevées en 1872 :

LOCALITÉS	DISTANCE ENTRE		PROFONDEURS MOYENNES			
			A MARÉE BASSE		A MARÉE HAUTE	
	milles	kilom.	pieds	mètres	pieds	mètres
Sheerness	»	»	»	»	»	»
Erith.	28	45,052	30	9,14	48	14,62
Deptford	12 1/2	20,112	15	4,57	34	10,42
Pont de Londres. . .	23	37,007	10	3,04	30	9,14
Teddington	19	30,571	5	1,52	»	»

Depuis que les chiffres ci-dessus ont été établis, le fleuve a été dragué de telle sorte qu'il y a de 36 à 60 pieds (10,96 à 18,28 m) d'eau dans le chenal en face des Docks de Londres lors des plus basses marées, et 36 pieds (10,96 m) à l'ancrage.

On trouve de 60 à 66 pieds (10,28 à 20,11 m) dans l'estuaire.

Les largeurs du chenal à mer basse dans Londres, sont de 700 pieds (213 m) au pont de Londres; 720 pieds (219 m) au « Thames Embankment (1) »; 745 pieds (227 m) à Battersea; 1 000 pieds (304 m) à Chelsea et 820 pieds (249 m) à Fulham.

(1) Quais de la Tamise. Ils sont au nombre de trois. Le quai Albert, entre les ponts de Westminster et de Vauxhall, sur la rive sud. Commencé en septembre 1865, ouvert au public en mai 1868. Construit sous la direction de M. John Grant. Longueur, 2 200 pieds (630,34 m). Coût, £ 309 000 (7 725 000 f). Le quai Victoria, entre les ponts de Westminster et de Blackfriars, sur la rive nord. Commencé en 1864, ouvert en 1870. Construit sur les plans de Sir Joseph Bazalgette. Longueur, 6 641 pieds (2 033 m). Devis, £ 1 200 000 (30 000 000 f). Coût réel, £ 875 000 (21 875 000 f); plus, pour expropriations, £ 450 000 (11 250 000 f). Le quai de Chelsea, de l'hôpital de Chelsea (Invalides) au pont de Battersea, sur la rive nord. Commencé en juillet 1871, terminé en mai 1874. Construit sur les plans de Sir Joseph Bazalgette. Longueur, 3/4 de mille (1 206 m). Coût, £ 134 000 (3 350 000 f).

On lit dans un mémoire de M. Édouard Bazalgette (Minutes des actes de l'Institut des Ingénieurs Civils de Londres, 1878) : « Pendant ces dernières années, les abords de la » rivière ont été sujets à des inondations fréquentes et graves. Le 15 novembre 1875, la » marée a atteint la hauteur jusqu'alors inconnue de 17 pieds 1 pouce (5,20 m) au-dessus » du niveau de mer basse (a), et en janvier 1877, elle s'est élevée à 16 pieds 6 pouces » (5,03 m) au-dessus de ce même niveau. L'auteur est d'avis que, s'il est incontestable » que la marée monte aujourd'hui plus haut qu'autrefois, l'accroissement n'est pas dû aux » quais de la Tamise mais doit être attribué à la démolition des vieux ponts de Londres, » de Blackfriars et de Westminster et à l'enlèvement d'autres obstacles ainsi qu'à l'appro- » fondissement du lit du fleuve et à l'augmentation du volume d'eau de mer qui, par » suite, traverse Londres. Ces phénomènes sont de la plus haute importance tant au » point de vue de Londres même qu'à celui de toutes les villes riveraines de fleuves à » marée. » Il paraît ressortir cependant de la discussion qui a suivi la lecture de ce mémoire que les quais de la Tamise sont bien pour quelque chose dans l'exhaussement des marées constaté dans la métropole anglaise. *(Note du Traducteur.)*

(a) *Ordnance datum.* O des cartes de l'État-Major.

Le chenal fait quatorze coudes au-dessous de Londres. A Blackwall, sa largeur est de 1 000 pieds (304 m) et le rayon de 1914 pieds (493,19 m); à Greenhithe il a 2 000 pieds (609 m) de large et 3 960 pieds (1 906 m) de rayon. Ce sont là les coudes les plus brusques.

Un petit vapeur peut remonter la Tamise jusqu'à Oxford. On a triomphé de la pente, au moyen de barrages et d'écluses. La largeur du fleuve, à Teddington, est de 250 pieds (76 m). Les grands chalands peuvent remonter jusqu'à 150 milles (241 km), au-dessus du Pont de Londres; les vaisseaux de 200 tx jusqu'à ce pont; ceux de 400 tx jusqu'à « The Pool » (1); au-dessous de cet endroit circulent les plus grands vapeurs de haute mer.

Courants.

Les chiffres suivants, relatifs aux courants de marée, sont donnés par M. John Baldry Redman. (Voir les *Proceedings of the Institution of Civil Engineers*, année 1875 et le journal *Engineering News*, année 1877, vol. IV).

LOCALITÉS	PIEDS à la SECONDE	NŒUDS à L'HEURE	MÈTRES à la SECONDE	KILOM. à L'HEURE	MOMENT DE LA MARÉE
Au-dessus du Pont de Londres	2,5 à 3 »	1,5 à 1,8	0,75 à 0,9	2,7 à 3,2	Premier flot.
— — —	3,3 à 4,7	2 » à 2,9	1 » à 1,45	3,6 à 5,2	Fin du reflux.
Embouchure au sud de Maplin	4,2	2,5	1,25	4,5	Maxima de vitesses par grandes marées.
Kentish Knock	4,7	2,8	1,40	5 »	
Sink.	5 »	3 »	1,50	5,4	

Mouvement.

Voici les statistiques de tonnage de Londres, la plus grande ville et le plus grand port de l'univers. Année 1903. Tonnes net.

	Commerce extérieur.	Cabotage.
	—	—
Entrées	10,958,739	6,616,574 t
Sorties.	8,104,893	8,302,218
Totaux . . .	19,063,629	14,919,392

Total général : 33,983,021 t net.

Les courants ne sont d'aucune gêne pour la navigation, qui est de haute mer et de cabotage.

(1) La Mare.

XIX

La Severn (Angleterre).

Ce fleuve, le second d'Angleterre, va, par un cours à peu près demi-circulaire de 200 milles (321 km), se jeter dans le canal de Bristol. Sur ses rives se trouvent des villes de l'importance de Gloucester, avec Bristol sur l'Avon, un de ses affluents, et Cardiff à l'embouchure de la Taff et à l'entrée du canal de Bristol.

Marées.

L'échelle des marées est la suivante :

LOCALITÉS	MARÉE MOYENNE		GRANDE MARÉE		MORTE EAU		ÉQUINOXE	
	PIEDS	MÈTRES	PIEDS	MÈTRES	PIEDS	MÈTRES	PIEDS	MÈTRES
Cardiff	27,9	8,50	36,2	11,03	18,1	5.51	27 »	8,22
Newport	29 »	8,83	37,7	11,48	18,9	5,75	28,1	8,56
Chepstow.	29,1	8,86	37,8	11,51	18.9	5,75	28,2	8,59
Gloucester	4,2	1,27	5,4	1,64	2,7	0,82	3,9	1,18
Bristol	24.1	7.34	31,3	9,53	15.7	4,78	23,3	7,09

Chenaux.

Entre Stourport et Gloucester à 50 milles (80,450 km) au-dessus de Cardiff la largeur est de 150 pieds (45,70 m), mais au-dessous de cette dernière ville elle augmente rapidement.

La Severn est navigable jusqu'à environ 150 milles (241 km) de l'embouchure. Les chalands peuvent remonter jusqu'à Stourport et les grands navires jusqu'à Gloucester.

Pour obvier aux difficultés de la navigation, on a construit le canal maritime de Gloucester à Berkeley, long de 18 milles (28,962 km) et par où peuvent pénétrer jusqu'à Gloucester les navires de 350 tx (alors que le fleuve lui-même n'admet que ceux de 150 tx).

Au-dessous des Docks de Bristol, le chenal (rivière Avon) a, à

marée basse, 264 pieds (80,40 m) de large avec une profondeur extrême de 27 pieds (8,22 m) et de 22 à 26 pieds (6,70 m à 7,92 m) aux Docks.

A Cardiff, il y a 35 pieds (10,66 m) à marée haute tant dans le chenal qu'aux docks,

L'estuaire de la Severn a 42 milles (67,578 km) de large à la base et 3 milles (4,82 km) au sommet.

Wheeler donne les distances et normes de profondeurs suivantes pour l'estuaire et le fleuve :

LOCALITÉS	DISTANCES ENTRE		PROFONDEURS MOYENNES			
			MER BASSE		PLEINE MER	
	milles	kilomètres	pieds	mètres	pieds	mètres
Ile Lundy (Entrée du canal de Bristol)	»	»	»	»	»	»
Cardiff	70	112,630	80	24,37	117	35,54
Portishead	16	25,744	70	21,32	110	33,51
Chepstow	10	16,090	50	15,23	80	24,37
Sharpness	12 1/2	20,112	8	2,43	36	10,96
Newnham	7 1/2	12,067	3	0,91	10	3,04
Framilode	4 3/4	7,642	3	0,91	10	3,04
Rosemary	4	6,436	10	3,04	20	6,09
Stonebeach	4 1/2	7,240	11	3,33	18	5,48
Pont de How	7 1/2	12,067	5	1,52	10	3,04
Pont de Hythe	5 1/4	8,447	6	1,82	9	2,74
Pont d'Upton	5 1/2	8,849	5	1,52	10	3,04
Pixham	6 1/2	10,458	7	2,13	9	2,74
Diglis	3 1/4	5,229	7	2,13	9	2,74

Courants.

	PIEDS A LA SECONDE	NŒUDS A L'HEURE	MÈTRES A LA SECONDE	KILOMÈTRES A L'HEURE
Newnham. Courant de flux	6,7	4	2	7,2
Stonebeach. — —	6,7	4	2	7,2
Estuaire. Courant de reflux	6,7 à 8,3	4 à 5	2 » à 2,5	7,2 à 9 »

Avant qu'on eût empêché les courants de pénétrer dans la partie supérieure du fleuve, le mascaret causait souvent de gros dommages.

L'amiral Beechey donne la vitesse moyenne de la crête

comme allant en augmentant de 3,2 nœuds (5,760 km) au-dessus de Portishead jusqu'à 12 nœuds (21,600 km) au-dessous de Gloucester. Lors des grandes marées, le mascaret remontait le fleuve avec une crête de 5 à 6 pieds (1,52 m à 1,82 m) sur les côtés et de 3 pieds et demi (1,6 m) au centre, et aux époques de crues, la vitesse atteignait de 3,5 à 9 nœuds (6,300 km à 16,200 km).

Une autre autorité dit qu'avec un courant de reflux de 4 à 5 nœuds (7,200 km à 9 km), tout à coup, sans que rien avertît, le mascaret escaladait le fleuve en deux vagues hautes de 6 à 8 pieds (1,82 à 2,43 m) se précipitant à raison de 6 à 7 nœuds (10,800 à 11,900 km).

Ce mascaret avait pour cause l'énorme dénivellement des marées sur cette côte et le rétrécissement rapide de l'estuaire : la largeur se réduit de 39 milles (62,750 km) en 100 milles (160,900 km). De plus, à 18 milles au-dessous de Gloucester il y a un étranglement extrêmement brusque à l'entrée du fleuve proprement dit, d'où le prodigieux amoncellement d'eau. Le phénomène a été bien modifié par suite de la construction des barrages et des digues qui empêchent les marées de pénétrer dans le fleuve à certaines périodes.

Mouvement.

Les statistiques commerciales suivantes sont celles de 1905, pour Cardiff. Le tonnage est net :

	Commerce extérieur			Cabotage	
	Nombre de navires	Tonnage net		Nombre de navires	Tonnage net
Entrées . .	4 001	4 988 907	Entrées . .	10 464	4 682 038
Sorties. . .	6 196	8 190 249	Sorties. . .	8 398	1 703 384
Total . . .	10 197	13 179 156	Total . . .	18 862	6 385 422

Total des entrées et sorties : 29 059 navires de 19 564 578 t net.

Depuis qu'on a exclu du fleuve les marées, les courants n'offrent que peu d'obstacles à la navigation.

XX

Baie de Swansea (Pays de Galles).

La ville de Swansea est située au fond de la baie du même nom, à l'embouchure de la Tawe, dans le Pays de Galles, à 38 milles (61,142 km) du Canal de Bristol. L'entrée se fait entre deux môles écartés d'environ 400 pieds (121 m).

Marées.

L'échelle en est :

MARÉE MOYENNE		GRANDE MARÉE		MORTE EAU		ÉQUINOXE	
PIEDS	MÈTRES	PIEDS	MÈTRES	PIEDS	MÈTRES	PIEDS	MÈTRES
20,9	7.36	27.1	8.25	13.6	4.14	20.1	6,12

Chenal.

Entre les môles, le chenal a 400 pieds (121 m) de large. Il a 23 pieds (7 m) de profondeur à marée basse par grandes marées ordinaires, et 18 pieds (5,48 m) à marée basse par morte eau ordinaire.

Courants.

Au fond, lors du flux et du reflux, la marée s'établit autour de la baie en produisant un courant circulaire.

Le maximum de vitesse au flux est de 1 nœud un quart (2,250 km) et au reflux de 1 nœud et demi (2,700 km).

Maximum de vitesse — au fond :

	PIEDS A LA SECONDE	NŒUDS A L'HEURE	MÈTRES A LA SECONDE	KILOM. A L'HEURE
Reflux	2,5	1,5	0,75	2,7
Flux	2,08	1,25	0,62	2,2

Les renseignements sur les courants sont tirés des *Proceedings of the Institute of Civil Engineers*, vol. XXI (1861-62).

MOUVEMENT.

	COMMERCE EXTÉRIEUR			CABOTAGE	
	NOMBRE DE NAVIRES	TONNAGE NET		NOMBRE DE NAVIRES	TONNAGE NET
Entrées . .	1 423	858 220	Entrées . .	4 285	1 216 530
Sorties. . .	2 563	1 612 394	Sorties. . .	3 313	590 356
TOTAL . . .	3 986	2 470 614	TOTAL . . .	7 598	1 806 886
TOTAL : 11 584 vaisseaux jaugeant ensemble 4 277 500 tx net.					

Les courants sont faibles et ne font pas obstacle à la navigation.

XXI

La Dee (Angleterre).

La partie dont il est ici traité est celle qui va de Chester à la mer d'Irlande, sur la côte ouest de l'Angleterre.

Je dois à Monsieur A. C. Williams, Membre de la Commission d'Entretien de la Dee, la plupart des renseignements qui suivent.

Marées.

La table ci-dessous donne l'exhaussement par grande marée, la durée du flux et du reflux à plusieurs endroits depuis la Pointe d'Air à l'embouchure de l'estuaire jusqu'à Chester, 20 milles (32,180 km) plus haut.

LOCALITÉS	DISTANCE DE LA MER		EXHAUSSEMENT DE GRANDE MARÉE		DURÉE DU REFLUX	DURÉE DU FLUX
	milles	kilomètres	pieds	mètres	heures	heures
Pointe d'Air	»	»	28 »	8,53	6 3/4	5 3/4
Flint	10	16,090	18 »	5,48	9 3/4	2 3/4
Quai de Connah	14	22,526	14,9	4,26	10 1/4	2 1/4
Chester	20	32,180	10,5	3,19	11 »	1 1/2

Courants.

Le maximum de courant de marée se produit par syzygie au commencement du flux et dans l'ouvert navigable du fleuve entre le quai de Connah et Chester (6 milles — 9,634 km).

Le *maximum* de vitesse constaté dans cette partie est de 13,2 pieds (4,02 m) par seconde. Le premier flot forme un mascaret. La vitesse indiquée continue pendant environ quinze minutes.

Maximum de vitesse.

Pieds à la seconde.	Nœuds à l'heure.	Mètres à la seconde.	Kilomètres à l'heure.
13,2	7,9	3,95	14,2

Chenal.

La largeur du chenal du quai de Connah aux Docks de Chester varie de 200 à 300 pieds (60,94 m à 91,41 m) à marée basse. Il fait un coude brusque d'environ 150 degrés et de 800 pieds (243 m) de rayon. Sa profondeur dans l'ouvert droit varie de 3 à 4 pieds et demi (0,91 à 1,37 m) par extrêmement basse mer.

Mouvement.

En 1903, le total du tonnage remontant au delà du quai de Connah a été de 45 733 tx, consistant pour la majorité en bateaux de pêche, schooners, chalands et caboteurs à vapeur de faible tirant.

Difficultés de navigation causées par les courants.

M. Williams écrit : « Aucun navire, excepté les petits bateaux » de pêche, ne circule sur la rivière pendant le maximum de » vitesse des courants et, en règle générale, très peu bougent » avant de trois quarts d'heure à une heure après le passage du » mascaret, c'est-à-dire quand la vitesse est réduite à environ » 8,8 pieds (2,68 m) par seconde (5,3 nœuds — 9,540 km par » heure) ».

A marée basse la différence de niveau à la surface entre Chester et le quai de Connah est d'environ 4,5 pieds (1,37 m), la distance est de 9 milles (14,481 km) : c'est donc une pente moyenne de 1/10 560, mais dans la partie supérieure de ce bief (sur 2 milles — 3,218 km), de Chester à Saltney, le dénivellement n'est pas de plus de 1 pouce et demi (0,038 m) au mille, soit environ 1/42 240.

XXII

Estuaire de la Mersey (Angleterre).

Sur cet important bras de mer est situé Liverpool, le second port d'Angleterre.

Marées.

L'échelle qui suit est tirée des « Tables des marées » du C. et G. S.(1).

LOCALITÉS	MARÉE MOYENNE		GRANDE MARÉE		MORTE EAU		ÉQUINOXE	
	PIEDS	MÈTRES	PIEDS	MÈTRES	PIEDS	MÈTRES	PIEDS	MÈTRES
Ile Hilbré, dans la Mersey.	20,7	6,30	26,5	8,07	13,8	4,20	20,2	6,15
Liverpool.	21,3	6,49	27,6	8,40	14 »	4,26	20,5	6,24

La marée se fait sentir dans la Mersey sur 46 milles (74 km).

Largeur.

A l'entrée, la Mersey a 5 520 pieds de large (1 681 m) entre les lignes de pleine mer. Aux « Narrows » (2), à 2 milles (3,218 km) de l'entrée, elle a 3 050 pieds (929 m).

(1) L'auteur ne dit pas si le 0 adopté est celui de l'État-Major ou celui auquel on se rapporte généralement à Liverpool par suite d'une coutume locale. Ce 0, appelé *Old Dock Sill datum*, est le niveau du seuil du Vieux Dock. Il est à 2 pieds (0,60 m) au-dessus de l'*Ordnance datum*. Minutes des actes des Ingénieurs Civils de Londres, Vol. C.

(Note du Traducteur.)

(2) « Les Étroits ».

Profondeurs.

Voici les profondeurs indiquées par Wheeler :

LOCALITÉS	DISTANCES ENTRE		PROFONDEUR MOYENNE			
			A MARÉE BASSE		A MARÉE HAUTE	
	milles	kilomètres	pieds	mètres	pieds	mètres
Pointe Formby	»	»	»	»	»	»
New Brighton.	8 »	12,872	36 »	10,96	62	18,89
Liverpool	2 »	3,218	48 »	14,62	75	22,85
Port d'Ellesmere	9 »	14,481	9 »	2,74	»	»
Runcorn	6,6	10,194	2,5	0,76	»	»
Bac du Fiddler (1)	5 »	8,045	2,5	0,76	»	»
Warrington.	5,2	8,366	2,5	0,76	»	»

(1) Bac du Violoneux.

Jadis, la profondeur utile sur la barre dans la baie de Liverpool variait, selon les années, entre 7 et 12 pieds (2,13 et 3,65 m). Depuis 1890 on a, au moyen de dragages, obtenu une profondeur utile de 24 à 28 pieds (7,31 à 8,53 m) à marée basse.

Alignement.

Le coude le plus brusque au-dessous de Liverpool a un rayon d'environ 5 milles (8,045 km).

Courants.

On accuse les viteses suivantes :

LOCALITÉS	MARÉE		PIEDS à la SECONDE	NŒUDS à L'HEURE	MÈTRES à la SECONDE	KILOM. à L'HEURE	AUTORITÉS
Entrée	Grande marée.	flux. .	7,5	4,5	2,25	8,1	A. J. Lyster.
		reflux.	7,9	4,75	2,37	8,5	—
Narrows . . .	Grande marée.	flux. .	11,7	7 »	3,5	12,6	—
		reflux.	9,6	5,75	2,87	10,3	—
Entre Liverpool et Ellesmere . .		flux. .	6,2	3,7	1,85	6,7	W. H. Wheeler.

Mouvement.

Le mouvement du commerce avec l'étranger et celui du cabotage sont très intenses à Liverpool. Les caractéristiques de la batellerie sont les mêmes que dans tous les ports de mer de premier ordre.

En 1903, le mouvement a été de :

	Entrées.	Sorties.
Commerce avec l'étranger.	7 817 050 tx.	6 682 568 tx.
Cabotage	3 174 889 —	3 799 115 —
Total	10 991 939 tx.	10 482 115 tx.

Total général : **21 474 054** tx net.

Ces chiffres ne comprennent pas les vapeurs entrés à et sortis de Manchester par le Canal Maritime.

Difficultés causées par les courants.

Dans le volume XXI (Années 1861-62), des *Proceedings of the Institution of Civil Engineers*, on lit que : « Vers le milieu des » marées de syzygie le courant atteint 7 nœuds (12,600 km) dans » certaines parties du centre de l'estuaire. Les vapeurs, même » puissants, peuvent à peine le refouler ».

Dans un communiqué, en date du 10 février 1904, M. Anthony J. Lyster, Ingénieur en chef des Docks de la Mersey, s'exprime ainsi : « En règle générale on n'éprouve aucune difficulté à cir» culer ou à entrer dans les docks, à condition que les navires » soient aux mains de capitaines ou de pilotes expérimentés ».

L'apparente contradiction de ces deux déclarations tient à deux causes. D'abord à la force des machines actuelles beaucoup plus puissantes que celles dont on se servait vers 1860 ; ensuite à cette particularité de la voie maritime dont il s'agit que l'on trouve maintenant une profondeur d'eau relativement grande près du rivage, où les vitesses sont moindres et où les navires de dimensions inférieures n'ont pas de peine à circuler.

XXIII

Canal maritime de Manchester (Angleterre).

Ouvert au commerce le 1er janvier 1894, ce canal va de la Mersey, juste au-dessus de Liverpool, à Manchester. Sa longueur est de 35,5 milles (57,119 km).

Les dimensions en sont les suivantes : minimum de profondeur de bout en bout, 26 pieds (7,92 m) ; minimum de largeur au plafond, 120 pieds (36,56 m) ; largeur moyenne au niveau de l'eau, 172 pieds (52,40 m).

Le dénivellement total entre les docks de Manchester et Liverpool est de 60,5 pieds (19,80 m).

Pendant 14 milles (32,526 km) le canal emprunte le lit de l'Irwell et celui de la Mersey, mais on a coupé quantité des coudes de ces cours d'eau sinueux, si bien qu'à part quelques courbes graduées la direction, sur toute la longueur du canal, est plein ouest de Liverpool.

Il y a cinq grandes écluses, cinq écluses intermédiaires et une petite, disposées comme suit : sur la Mersey (à Eastham) une écluse à marée de 600 pieds sur 80 (182,82 × 24,37 m) dont on ne se sert que lorsque les eaux sont basses ; les quatre autres grandes écluses ont 600 pieds sur 45 (182,82 × 13,71 m) et une ascension de 16,5 à 13 pieds (5,02 à 3,96 m). L'écluse intermédiaire à marée de Eastham a 350 pieds sur 50 (106 × 15,23 m), et les autres écluses intermédiaires 350 pieds sur 45 (106 × 13,71 m). Les dimensions du canal sont calculées en vue de vapeurs de 6000 t.

Marées.

Le dénivellement de la marée à Liverpool est de :

MARÉE MOYENNE		GRANDE MARÉE		MORTE EAU		ÉQUINOXE	
PIEDS	MÈTRES	PIEDS	MÈTRES	PIEDS	MÈTRES	PIEDS	MÈTRES
21,3	6,49	27,6	8,40	14,0	4,26	20,5	6,24

C'est à cause de ces grandes hauteurs qu'on a construit l'écluse de Eastham.

Courants.

Dans la partie supérieure du canal où la marée ne parvient pas, le courant est très faible. On trouve dans les *Proceedings of the Institution of Civil Engineers*, années 1897-98, vol. CXXXI, l'affirmation que dans le Canal de Suez le courant est parfois de 3 nœuds (5,400 km) à l'heure et, par grands vents, de 2 nœuds (3,600 km) à l'extrémité du côté de la Méditerranée, et que dans le canal de Manchester il est au moins égal, sinon plus vif. Dans une tranchée en plein roc, à l'extrémité où la marée se fait sentir, il y a souvent un courant de 4,5 nœuds (8,100 km).

Maximum de vitesse du courant à l'extrémité où la marée donne :

Pieds à la seconde.	Nœuds à l'heure.	Mètres à la seconde.	Kilomètres à l'heure.
7,5	4,5	2,25	8,1

Dangers pour la navigation causés par les courants.

La même autorité affirme qu'on n'éprouve aucune difficulté à manœuvrer les grands navires dans le canal à une vitesse de 8 milles (12,872 km) à l'heure et qu'il n'y a pas, dans la partie où la marée donne, un courant suffisant pour gêner la navigation.

Mouvement.

Voici les statistiques des vaisseaux qui se sont servis du canal en 1894, 1895, 1896 et 1903.

	1894	1895	1896	1903
	tx	tx	tx	tx
Navires de haute mer .	686 158	1 087 443	1 509 658	»
Chalands	239 501	271 432	316 579	»
Totaux.	925 659	1 358 875	1 826 237	3 093 342

Le temps nécessaire pour traverser est de cinq à huit heures.

La vitesse moyenne des navires en transit est de 5 à 8 milles (8,045 à 12,872 km) à l'heure.

XXIV

Golfe de Solway, entre l'Angleterre et l'Écosse.

Près de cet estuaire profond, sur l'Eden, rivière qui se jette dans le golfe, est située Carlisle. Silloth, autre ville importante, se trouve sur le golfe même à 12 milles (19,308 km) de Carlisle et à 30 milles (48,270 km) de l'entrée d'une petite baie sur la côte sud de l'estuaire.

Marées.

LOCALITÉS	MARÉE MOYENNE		GRANDE MARÉE		MORTE EAU		ÉQUINOXE	
	PIEDS	MÈTRES	PIEDS	MÈTRES	PIEDS	MÈTRES	PIEDS	MÈTRES
Whitehaven. . . .	19,9	6,06	25,9	7,89	13,1	3,99	19,1	5,81
Workington. . . .	19,8	6,03	25,7	7,83	13,1	3,99	19 »	5,78
Maryport	19,1	5,81	24,8	7,55	12,6	3,83	18,3	5,57
Silloth	19,8	6,03	25,7	7,83	13,1	3,99	19 »	5,78
Port-Carlisle, golfe de Solway. . . .	15,2	4,63	19,8	6,03	10,0	3,04	14,5	4,41

Chenaux.

En face de Silloth, l'estuaire a 7 milles (11,263 km) de largeur ; il se rétrécit jusqu'à n'avoir que 1 mille et demi (2,413 km) à Port-Carlisle.

Il y a 11 pieds (3,35 m) d'eau sur la barre de Silloth à marée basse par syzygie, 18 pieds (5,48 m) à basse mer par marée de morte eau, 39 et 34 pieds (11,88 et 10,42 m) à pleine mer par ces mêmes marées.

Dans le chenal est on trouve de 36 à 54 pieds (10,96 à 16,45 m), dans celui du milieu de 20 à 10,5 pieds (6,09 à 3,19 m), dans celui de Silloth de 9 à 21 pieds (2,74 à 6,39 m), dans celui du milieu de 3 à 6 pieds (0,91 à 1,82 m). Le chenal est sinueux.

Courants.

On lit dans les *Proceedings of the Institution of Civil Engineers*, années 1861-62, vol. XXI, qu'à l'entrée de l'estuaire se

produit un mascaret dont la vitesse moyenne au flux et au reflux par grande marée est de 3 nœuds et demi (6,300 km) au fond. Dans la baie de Silloth les grandes marées causent un courant de 5 nœuds (9 km) au flux et de 4 nœuds et demi (8,100 km) au reflux. Wheeler assure que « le premier flot des » grandes marées avance, en formant un mascaret haut de 3 à » 4 pieds (0,91 à 1,21 m), à raison de 8 à 10 milles (12 à 16 km) » à l'heure. »

	PIEDS à la SECONDE	NŒUDS à L'HEURE	MÈTRES à la SECONDE	KILOM. à L'HEURE	OBSERVATIONS
Tableau des vitesses.					
Chenal Anglais. Embouchure de l'estuaire.					
Vitesse moyenne au fond.	3,8	3,5	1,75	6,3	Au flux et au reflux par grande marée.
Baie de Silloth . . reflux. . . .	7,5	4,5	2,25	8,1	
Baie de Silloth . . flux.	8,3	5 »	2,5	9 »	Grandes marées.
Mascaret dans le golfe.	11,7 à 15	7 à 9	3,5 à 4,5	12,6 à 16,2	1er flot de grande marée.
D'après les cartes de l'Amirauté.					
Embouchure de l'estuaire	3,3	2 »	1 »	3,6	Morte eau.
Plus haut.	6,7	4 »	2 »	7,2	Grandes marées.
—	3,3	2 »	1 »	3,6	Morte eau.
Chenal du milieu, à l'entrée	5,8	3,5	1,75	6,3	Grandes marées.
— — —	3,2	2 »	1 »	3,6	Morte eau.

MOUVEMENT.

Les statistiques suivantes s'entendent de Carlisle, le port le plus important du golfe de Solway, année 1903 (1). Le tonnage est net.

	COMMERCE EXTÉRIEUR		CABOTAGE	
	NOMBRE DE NAVIRES	TONNAGE NET	NOMBRE DE NAVIRES	TONNAGE NET
Entrées	18	8 502	624	104 192
Sorties	9	6 821	638	111 622
TOTAUX	27	15 323	1 262	215 814

TOTAL GÉNÉRAL : 1 289 navires jaugeant ensemble 231 137 tx net.

(1) La ville de Carlisle est réunie par un canal navigable et par un chemin de fer de 16 kilomètres à Port-Carlisle qui, lui, est sur le golfe. (*Note du Traducteur.*)

XXV

La Clyde et son Golfe (Écosse).

Ce fleuve, la principale voie navigable de l'Écosse, se jette dans le golfe qui porte son nom.

A 20 milles (32,180 km) au-dessus du fond du golfe, se trouve le premier port de l'Écosse, Glasgow.

Marées.

L'échelle en est :

LOCALITÉS	MARÉE MOYENNE		GRANDE MARÉE		MORTE EAU		ÉQUINOXE	
	PIEDS	MÈTRES	PIEDS	MÈTRES	PIEDS	MÈTRES	PIEDS	MÈTRES
Greenock	8,1	2,46	9,7	2,95	6,4	1,95	»	»
Dumbarton	8,5	2,58	10,1	3,07	6,8	2,07	»	»
Renfrew	9,2	2,80	10,8	3,29	7,3	2,22	»	»
Glasgow	9,4	2,86	11,2	3,41	7,4	2,25	»	»

Les équinoxiales atteignent une hauteur de 12 pieds (3,65 m) à Greenock.

Chenaux.

Wheeler donne les profondeurs de chenal et les distances suivantes pour le fleuve :

LOCALITÉS	DISTANCE ENTRE		PROFONDEUR MOYENNE			
			MER BASSE		PLEINE MER	
	milles	kilomètres	pieds	mètres	pieds	mètres
Port-Glasgow	»	»	»	»	»	»
Garmoyle.	3,68	5,921	20	6,09	31	9,44
Dumbuck.	2 »	3,218	20	6,09	31	9,44
Bowling.	2,43	3,909	18	5,48	29	8,83
Dalmair.	2,56	4,119	18	5,48	29	8,83
Renfrew	2,56	4,119	17	5,17	28	8,53
Port de Glasgow	4,31	6,934	17	5,17	26	7,92

Les largeurs à marée basse sont de 450 à 1 000 pieds (137 à 304 m) avec courbes à grand rayon.

Il y a cent ans la partie du fleuve entre le vieux port de Glasgow (1) et Glasgow n'avait par endroits pas d'eau du tout et ailleurs que des fonds de quelque chose comme un pied (0,30 m) à marée basse. Aujourd'hui, grâce à des travaux et à des dragages judicieux, les vapeurs peuvent sortir par marée haute moyenne avec 26 pieds (7,92 m) d'eau.

A l'entrée du golfe il y a de 78 à 36 pieds (23,76 à 10,96 m) en face de Greenock; on trouve à l'embouchure du fleuve 17 pieds (5,17 m) à marée basse.

Courants.

Les cartes de l'Amirauté indiquent les vitesses de courant suivantes dans le golfe et le fleuve :

LOCALITÉS	PIEDS à la SECONDE	NŒUDS à L'HEURE	MÈTRES à la SECONDE	KILOM. à L'HEURE	OBSERVATIONS
Entrée du golfe	1,7	1 »	0,5	1,8	Coule est, pendant 6 h. 1/2.
Par le travers de l'île Arran .	5 »	3 »	1,5	5,4	Golfe. Grande marée. Large estuaire.
Chenal principal.	2,5	1,5	0,75	2,7	Reflux et flux.
Port-Glasgow	2,5	1,5	0,75	2,7	Reflux et flux.

Mouvement.

Les statistiques suivantes sont celles de Glasgow, année 1903:

	COMMERCE EXTÉRIEUR		CABOTAGE	
	NOMBRE DE NAVIRES	TONNAGE NET	NOMBRE DE NAVIRES	TONNAGE NET
Entrées. . . .	1 029	1 560 432	9 675	2 339 079
Sorties	1 795	2 736 622	9 664	1 741 421
Totaux	2 824	4 297 054	19 339	4 080 490
Total général : 22 163 navires jaugeant ensemble 8 377 544 tx net.				

Les courants ne font pas obstacle à la navigation.

(1) Port-Glasgow, à 25 km en aval de Glasgow. En 1653 les négociants de Glasgow, désespérant de pouvoir rendre la Clyde navigable jusqu'à leur ville, eurent l'idée de fonder leur port à Dumbarton, mais les bourgeois paisibles de cette vieille cité refusèrent l'offre qui leur était faite, de crainte que le commerce et l'industrie ne les obligeassent à changer leurs coutumes traditionnelles. Glasgow semblait donc condamnée à rester une ville de l'intérieur; elle voulut du moins posséder un port qui fut sa propriété, et, en 1662, elle creusa les bassins et fonda les entrepôts de Port-Glasgow, sur la rive méridionale de l'estuaire inférieur. (E. Reclus). *(Note du Traducteur.)*

XXVI

Golfe de Pentland (Écosse).

Le golfe de Pentland est un bras de mer qui sépare la côte septentrionale de l'Écosse des îles Orcades et unit la mer du Nord à l'Océan Atlantique.

A 50 milles (80,450 km) au nord-est des Orcades est l'archipel des Shetland : toutes ces îles ont des côtes déchirées.

Marées.

Les « Tables des marées » du C. et G. S. donnent l'échelle ci-dessous pour ces parages :

LOCALITÉS	MARÉE MOYENNE		GRANDE MARÉE		MORTE EAU		ÉQUINOXE	
	PIEDS	MÈTRES	PIEDS	MÈTRES	PIEDS	MÈTRES	PIEDS	MÈTRES
Thurso.	10 »	3,04	13,5	4,11	5,8	1,76	»	»
Ile Stroma	6,7	2,04	9 »	2,74	3,9	1,18	»	»
Cap Duncansby . .	7,3	2,22	9,8	2,98	4,2	1,27	»	»

Courants.

« L'endroit où les marées sont le plus mouvementées, dit » Wheeler, autour des côtes des Iles Britanniques, est au nord » de l'Écosse, entre cette dernière, les Shetland et les Orcades. La » vélocité et la turbulence du courant de marée sont si grandes » dans le golfe de Pentland que, lorsque le vent souffle en » tempête au moment d'une grande marée, ces parages ne » sont pas navigables. Sur certains points des Orcades, les brisants » ont jusqu'à 60 pieds (18 m) de hauteur (1); le courant de » marée se rue à travers le golfe à une vitesse de 7 à 8 nœuds » (12,600 à 14,400 km) et, à un endroit, atteint près de 11 nœuds » (19,800 km). La différence de niveau de la mer, d'un côté à

(1) Lors d'une tempête du mois de décembre 1862, les vagues, s'élançant sur les rochers de Stroma, portèrent jusqu'à 50 mètres de hauteur sur les rochers de la falaise des herbes, des pierres et des fragments de navires rompus. *(Note du Traducteur.)*

» l'autre de Sanda — et la distance n'est que d'un demi-mille » (804,50 m) — est de 5 pieds (1,52 m), et la pleine mer a lieu » une heure trois quarts plus tard à l'est qu'à l'ouest. »

Vitesses du courant de marée dans le golfe de Pentland.

	PIEDS A LA SECONDE	NŒUDS A L'HEURE	MÈTRES A LA SECONDE	KILOMÈTRES A L'HEURE
En général	11,7 à 13,3	7 à 8	3,5 à 4	12,25 à 14,4
A un endroit	près de 18,3	près de 11	près de 5,5	près de 19,8

Mouvement.

Le chenal entre les îles Orcades et les Shetland est la route directe pour les vapeurs suédois qui vont en Islande et pour les allemands qui se rendent à Saint-Johns, Bretagne du Nord. Ce sont là de puissants navires, mais si démontée est parfois la mer, que l'on a élaboré un projet de canal maritime qui unirait le golfe de la Clyde à celui du Forth, de manière à éviter aux vaisseaux la nécessité de contourner la côte septentrionale de l'Écosse.

XXVII

Mer du Nord (Côte anglaise).

C'est là une voie maritime extrêmement fréquentée ; tous les vaisseaux de Hull, une grande partie de ceux de Londres la sillonnent, sans compter les nombreux caboteurs de la côte est.

Le secteur dont il est ici question s'étend du Wash à Yarmouth ; c'est, en effet, où la mer est le plus mouvementée.

Marées.

	MARÉE MOYENNE		GRANDE MARÉE		MORTE EAU		ÉQUINOXE	
	PIEDS	MÈTRES	PIEDS	MÈTRES	PIEDS	MÈTRES	PIEDS	MÈTRES
Hull	15,9	4,84	20,1	6,12	11,1	3,38	16 »	4,87
Rade de Yarmouth.	4,8	1,46	5,8	1,76	3,6	1,09	4,8	1,46

Courants.

M. W. H. Wheeler, dans son ouvrage intitulé *Tidal Rivers* (1), s'exprime ainsi : « Dans la mer du Nord, au large du » Wash, les marées ont par endroits un mouvement giratoire. » Au dehors des bancs de Dowsing et de Docking, le courant » de marée ne mollit jamais : le premier quart du flux coule » du nord-ouest, le second quart du nord-est, la dernière moitié » du flux et le premier quart du reflux de l'est vers le sud-» sud-est, le mi-reflux jusqu'à la marée basse du sud-ouest » vers l'ouest-nord-ouest, et la vitesse continue est d'environ » 2 et demi à 3 nœuds (4,500 à 5,400 km). Entre Cromer et » Winterton le flot subit un grand retard, il met une heure et » demie à franchir 25 milles (40,225 km) et le dénivellement » décroît d'environ 15 pieds (4,57 m) à Cromer à 8 pieds » (2,43 m) à Winterton Ness et 5 pieds (1,52 m) à Yarmouth. »

Vitesses.

Pieds à la seconde.	Nœuds à l'heure.	Mètres à la seconde.	Kilomètres à l'heure.
4,2 à 5	2,5 à 3	1,25 à 1,5	4,5 à 5,4

(1) « Les fleuves à marée ».

XXVIII

La Manche.

Cet important détroit qui sépare l'Angleterre de la France est une des voies commerciales les plus considérables du monde. C'est par là que passent les navires de ports immenses tels que Southampton, Plymouth, Portsmouth, une grande partie du commerce de Londres et d'Édimbourg, tout celui de Rouen et du Havre.

Marées.

L'échelle suivante est tirée des « Tables des marées » du C. et G. S.

LOCALITÉS	MARÉE MOYENNE		GRANDE MARÉE		MORTE EAU		ÉQUINOXE	
	PIEDS	MÈTRES	PIEDS	MÈTRES	PIEDS	MÈTRES	PIEDS	MÈTRES
Brighton	12,1	3,68	19,5	5,94	3 »	0,91	12,6	3,83
Portsmouth	8,2	2,49	13,2	4,02	2 »	0,60	8,6	2,62
Southampton	7,9	2,40	12,8	3,90	2 »	0,60	8,3	2,52
Cowes, Ile de Wight	7,5	2,28	12,2	3,71	1,9	0,57	7,9	2,40
Môle de Plymouth	9,5	2,89	15,3	4,66	2,4	0,73	10 »	3,04
East Looe	10,4	3,16	16,7	5,08	2,6	0,79	10,9	3,32
Brehat	22,7	6,91	30,7	9,35	13,2	4,02	21,7	6,61
Saint-Malo	26,8	8,16	36,2	11 »	15,5	4,72	25,7	7,82
Saint-Helier, Ile Jersey	23,3	7,09	31,5	9,59	13,5	4,11	0,9	0,27
Saint-Pierre, Ile Guernesey	19,2	5,85	26 »	7,92	11,1	3,38	0,8	0,24
Ile Alderney (1)	12,7	3,86	17,2	5,24	7,4	2,25	12 »	3,65
Cherbourg	14,2	4,32	17,8	5,42	10,1	3,07	13,2	4,02
Le Havre	18 »	5,48	22,5	6,85	12,8	3,90	17,5	5,33
Saint-Valery	21,6	6,58	27 »	8,22	15,3	4,66	21,1	6,42

Courant.

Ce qui suit est emprunté à l'ouvrage de M. W. H. Wheeler intitulé *Tidal Rivers* :

« Dans la Manche, le flot qui s'établit dans la baie de Saint-
» Malo (France) fait monter l'eau, par grande marée, de
» 39 pieds (11,88 m) et, par morte eau, de 23,5 pieds (7,16 m)

(1) Ile d'Aurigny.

» à Bréhat (1). A Saint-Malo, l'exhaussement est de 44,5 pieds
» (13,55 m) par les plus grandes marées.

» Autour de l'île de Guernesey, le flux et le demi-flux prédo-
» minent et, en général, autour des îles de la Manche, le cou-
» rant de marée change de direction par un mouvement
» circulaire de est par nord à ouest et sud : il fait le tour
» complet de la rose des vents en un peu plus de douze heures.
» De plus, le courant est extrêmement rapide par endroits.
» Il va croissant depuis environ 3 nœuds (5,400 km) au large
» de Guernesey jusqu'à 4 nœuds et demi (8,100 km) près de cette
» dernière et 7 nœuds (12,600 km) entre les îles. »

LOCALITÉS	PIEDS A LA SECONDE	PIEDS A L'HEURE	MÈTRES A LA SECONDE	KILOM. A L'HEURE
Au large de l'île Guernesey	5 »	3	1,5	5,4
Près de Guernesey	7,5	4,5	2,25	8,1
Entre Guernesey et Alderney.	11.7	7 »	3,5	12,6

Mouvement.

Dans la partie de la Manche mentionnée ci-dessus la navigation est peu considérable. Les déchirures des côtes et les contre-courants impétueux font que les capitaines évitent ces parages, d'ailleurs en dehors de la grande route des navires.

(1) Voir l'échelle ci-dessus pour les moyennes. Ce chiffre de 39 pieds est celui d'un exhaussement extraordinaire, ainsi que celui de 44,5 pieds pour Saint-Malo.
(Note de l'Auteur.)

XXIX

La Seine (France).

Les notes suivantes comprennent la partie fluviale de la Seine, de la source à Poses (1), et la partie où se fait sentir la marée, de Poses au Havre.

La Seine sort de terre à 18 milles (28,962 km) au nord-ouest de la vieille ville de Dijon, arrose Paris et Rouen, Harfleur aux historiques souvenirs (ce fut jadis le principal centre commercial de France) et se déverse dans la Manche, entre le Havre et Honfleur. De la source à l'embouchure il y a 250 milles (402 km) à vol d'oiseau ; le thalweg est, lui, long de 482 milles (775,538 km).

Bien que ce fleuve soit plus court que la Loire et de débit moindre que le Rhône en temps de crue, la régularité de son cours l'a rendu éminemment susceptible d'améliorations.

A Paris, le débit moyen est de 9 000 pieds cubes (254 m³) par seconde et, dans les biefs inférieurs, de 24 000 et de 25 000 pieds cubes (678 et 707 m³). Par eaux basses le débit à Paris est de 2 650 pieds cubes (75 m³) ; par sécheresses exceptionnelles, on l'a vu descendre jusqu'à 1 200 pieds cubes (53 m³) par seconde. Pendant la grande crue de 1876, qui dura cinquante-cinq jours, le débit à Paris s'est élevé à 58 600 pieds cubes (1 659 m³) par seconde. Ainsi, tandis que le débit moyen du Rhône en temps de crue est de plus de vingt-deux fois celui qu'il a pendant la saison sèche (voir « Le Rhône ») (2), proportion qui se reproduit chaque année, le débit qu'a eu la Seine pendant *la plus grande* crue qu'on lui ait *jamais* connue, a représenté la même proportion par rapport à son débit d'été (3).

Marées.

La marée se fait sentir dans la Seine jusqu'à Poses. L'échelle en est :

(1) Poses n'est pas sur le fleuve. Il y a une écluse de ce nom, remarquable comme construction, mais la limite d'influence de la marée est à l'écluse de Saint-Aubin, qui est la première, et plus au-dessous de Pont-de-l'Arche. (Compte rendu du VIIIe Congrès International de Navigation, 1900, page 648.) (*Note du Traducteur.*)

(2) Page 202.

(3) $\frac{58\,600}{2\,650}$.

LOCALITÉS	MARÉE MOYENNE		GRANDE MARÉE		MORTE EAU		ÉQUINOXE	
	PIEDS	MÈTRES	PIEDS	MÈTRES	PIEDS	MÈTRES	PIEDS	MÈTRES
Le Havre	18 »	5,48	22,5	6,85	12,8	3,90	17,5	5,33
Honfleur	18,4	5,59	23 »	7 »	13,1	3,99	17,9	5,45
Quillebeuf	7,6	2,31	9,5	2,89	5,4	1,64	7,3	2,22

Chenaux.

Il y a un chenal ininterrompu depuis Bar jusqu'à la mer (395 milles — 635,555 km).

La canalisation de la Seine de Paris à Rouen (155 milles — 249,395 km) est un des chefs-d'œuvre de l'art de l'ingénieur. Ce travail immense, un des plus importants qui aient jamais été faits pour l'amélioration d'un fleuve, a été un grand succès au point de vue des résultats. Il a coûté 11 600 000 dollars (58 millions de francs). La construction du canal de Tancarville au Havre au prix de 3 860 000 dollars (19 300 000 f) est venue compléter l'ouvrage qui avait pour but d'obtenir à toute époque une profondeur de 10,5 pieds (3,19 m) donnant passage aux navires tirant 9 pieds 10 pouces (3 m).

Entre Paris et Rouen il y a neuf stations avec barrages mobiles pour le drainage du surplus d'eau, ainsi que des écluses qui assurent la régularité de la navigation en temps ordinaire. A chaque barrage il y a une grande écluse de 462 pieds et demi sur 55 pieds trois quart (141 × 17 m) et une plus petite de 136 pieds et demi sur 28 pieds et demi (41,60 × 8,70 m).

Au-dessous de Quillebeuf commence l'estuaire. Nous donnons ci-dessous les conditions de cette partie où la marée se fait sentir. Wheeler indique les distances et les profondeurs du chenal comme suit jusqu'à 92 milles (148 km) de l'embouchure :

LOCALITÉS	DISTANCE ENTRE		PROFONDEUR			
			A MARÉE BASSE		A MARÉE HAUTE	
	milles	kilomètres	pieds	mètres	pieds	mètres
Le Havre	»	»	»	»	»	»
Confluent de la Risle . .	12 »	19,308	10	3,04	32	9,75
Quillebeuf	8,69	13,982	15	4,57	35	10,66
Duclair.	33,51	53,917	23	7 »	35	10,66
Rouen	22,96	36,942	15	4,57	25	7,61
Martot (3)	14,90	23,974	13	3,96	21	6,39

(3) Martot est à 1 km du fleuve, le point indiqué est en aval de l'île de Criquebeuf. *(Note du Traducteur.)*

Ces profondeurs ont été prises en 1885. En 1891, il y avait de 19 à 22 pieds et demi (5,78 à 6,85 m) à Rouen à marée basse. La largeur de l'estuaire, en face du Havre, est de 5 milles un quart (8,849 km). Les chenaux, qui, à marée basse, sillonnent les sables, étaient autrefois très divisés, mais on a travaillé l'estuaire de telle sorte qu'aujourd'hui, en prenant la ligne de plus grande profondeur, on peut considérer la largeur du chenal à marée basse comme étant de un tiers à un demi-mille (536 à 804,50 m).

On lui a donné 2 296 pieds (700 m) à Berville et 1 640 pieds (500 m) à Tancarville, 4 milles (6,436 km) en amont.

De là à Saint-Mailleraye, 21 milles et demi (34,593 km), la largeur du chenal se rétrécit graduellement. Elle est de 820 pieds (250 m) à Saint-Mailleraye.

A Rouen, à 37 milles et demi (60,337 km) au-dessus de ce dernier point, elle n'est plus que de 500 pieds (150 m).

Entre le Havre et Rouen la largeur du chenal à marée basse varie entre 1 100 et 300 pieds (335 et 91 m).

A Tancarville se trouve un coude avec un rayon de 8 200 pieds (2 498 m). Le moindre rayon dans l'estuaire est de 6 562 pieds (1 999 m).

Courants.

A chaque marée se produit un mascaret qui remonte le fleuve avec une crête haute de 5 pieds et demi à 11 pieds (1,67 à 3,35 m).

Wheeler raconte qu'en 1871 la canonnière anglaise *Pheasant* (1), était à l'ancre en face de Quillebeuf. Le reflux s'écoulait à raison de 4 à 5 nœuds (7,200 à 9 km) à l'heure. Tout à coup, sans que rien avertisse, le mascaret se rue à contre-courant en deux vagues hautes de 6 à 8 pieds (1,82 à 2,43 m), à une vitesse de 6 à 7 nœuds (10,800 à 12,600 km) à l'heure, les amarres sont rompues et voilà la canonnière à la dérive. Cet accident date d'avant l'achèvement des travaux.

Wheeler rappelle aussi le naufrage du vapeur anglais *Romeo* qui s'est perdu à l'embouchure de l'estuaire par suite de ce mascaret.

L'estuaire se rétrécit très brusquement, d'où la contraction soudaine du flot de marée.

(1) Faisan.

Vitesses de courant de la Seine de Paris à l'embouchure :

LOCALITÉS		PIEDS à la SECONDE	NŒUDS à L'HEURE	MÈTRES à la SECONDE	KILOM. à L'HEURE	AUTORITÉS
Paris : entre le pont d'Iéna et celui des Invalides.	eaux basses	2,09	1,25	0,64	2,30	Kutter.
	eaux hautes	4,80	2,88	1,46	5,26	»
Meulan	eaux basses	2,31	1,38	0,70	2,22	»
	eaux hautes	3,33	2 »	1,01	3,64	»
Quillebeuf, dans l'estuaire, reflux		6,7 à 8,3	4 à 5	2 à 2,5	7,2 à 9 »	Wheeler.
Dans l'estuaire, mascaret		10 à 12	6 à 7	3 à 3,5	10,8 à 12,6	»
Près de Tancarville		8 »	4,8	2,4	8,6	»

Nota. — On a creusé le canal du Havre à Tancarville pour éviter aux chalands la lutte avec les violents courants de l'estuaire.

Mouvement.

Dans le cours supérieur du fleuve entre Paris et Rouen le trafic est très intense. Il atteint de 4 à 500 millions de tonnes-milles. Il se fait par chalands de 300 à 1 000 tx et remorqueurs puissants. Les rapides vapeurs à voyageurs et à marchandises légères luttent de vitesse avec le chemin de fer.

Dans le cours inférieur, les navires tirant jusqu'à 25 pieds (7,61 m) peuvent remonter jusqu'à Rouen, mais le mascaret et le coude brusque à Tancarville (dont le rayon est de 8 200 pieds — 2 498 m) et où le courant pendant le jusant est de près de 5 nœuds (9 km) à l'heure, rendent la navigation malaisée.

En 1902, le mouvement du port du Havre a été de :

	Entrées.	Sorties.
Commerce extérieur. .	2 247 900 tx	2 323 323 tx
Cabotage	487 176	632 180
	2 735 076 tx	2 955 503 tx

Total général : 5 690 579 tx de jauge brute.

XXX

La Gironde (France).

La Garonne prend sa source dans les Pyrénées Espagnoles et coule dans une direction générale nord-ouest. Elle traverse Toulouse et Bordeaux. Au bec d'Ambez à 20 km au-dessous de cette ville elle s'unit à la Dordogne. Du confluent à la baie de Biscaye (1) le fleuve s'élargit de 2 milles à 4 milles (3,218 km à 6,436 km) et prend le nom de Gironde.

On flotte des radeaux au-dessus de Toulouse.

Depuis le confluent du Salat, la Garonne est navigable et des bateaux descendent à Toulouse. En aval, de cette dernière ville, on peut maintenir un service de bateaux régulier.

La marée se fait sentir jusqu'à Casseuil, à 38 milles (61,142 km) au-dessus de Bordeaux.

A Toulouse, le minimum de débit est de 1271 pieds cubes (35 m³) par seconde, mais, à étiage normal, le débit est de 5297 pieds cubes (149 m³). Pendant les crues ordinaires, le niveau s'exhausse d'environ 25 pieds (7,61 m); dans certains cas exceptionnels, en 1855 et 1856 par exemple, on l'a vu monter de 28 et 30 pieds (8,53 et 9,14 m).

Marées.

L'échelle est la suivante :

LOCALITÉS	MARÉE MOYENNE.		GRANDE MARÉE		MORTE EAU		ÉQUINOXE	
	PIEDS	MÈTRES	PIEDS	MÈTRES	PIEDS	MÈTRES	PIEDS	MÈTRES
Phare de Cordouan	12,3	3,74	16,8	5 »	6,9	2,10	11,3	3,44
Royan	12,2	3,71	16,7	5,08	6,8	2,07	11,2	3,41
Mortagne	12,1	3,68	16,6	5,05	6,8	2,07	11,1	3,38
La Maréchale . . .	12,2	3,71	16,7	5,08	6,8	2,07	11,2	3,41
Pauillac	13,2	4,02	18,1	5,51	7,4	2,25	12 »	3,65
Blaye.	12,1	3,68	16,6	5,05	6,8	2,07	11,1	3,38
Bordeaux.	11,2	3,41	15,3	4,66	6,3	1,91	10,2	3,10

Le flux dure cinq heures et le reflux sept heures.

(1) Ou Golfe de Gascogne.

Chenal.

La largeur de l'estuaire varie de 1 à plus de 6 milles (1 609 m à 9,654 km).

Des travaux judicieux ont donné au chenal quelque peu sinueux 22 pieds (6,70 m) de profondeur là où il n'y en avait autrefois que 18 (5,48 m). On projette d'arriver à 23 pieds (7 m).

Bordeaux est à 62 milles (100 km) de la mer.

La Dordogne se jette dans la Gironde à 13 milles (20 km) au-dessous de Bordeaux.

Au-dessous du confluent, le chenal se divise et les îles sont assez nombreuses. On a fait des travaux considérables dont les résultats sont très satisfaisants.

A Royan (embouchure de la Gironde), la profondeur est de 10 à 16 brasses (60 à 96 pieds — 18,28 à 29,25 m); elle diminue ensuite et n'est plus que de 4,5 à 5 brasses (27 à 30 pieds — 8,22 à 9,14 m), puis s'accroît à l'entrée de la baie de Biscaye et atteint là 9 brasses (54 pieds — 16,45 m).

Dans la Garonne, entre le bec d'Ambez et Bordeaux, le chenal décrit trois courbes dont les rayons sont de 17 160, 10 560 et 3 300 pieds (5 228, 3 217 et 1 005 m).

La largeur au pont de Bordeaux est de 1 266 pieds (385,75 m). Le lit du fleuve à Bordeaux n'a jamais moins de 13 pieds de fond (3,96 m) à marée basse; il y a 24,5 pieds (7,46 m) dans les bassins.

A Trompeloup (1), dans la Gironde, le port a 26 pieds un quart (8 m) de profondeur au-dessous du niveau de la marée basse. Il est à mi-distance entre Bordeaux et la mer. C'est de là que partent les plus grands vapeurs après y avoir complété leur chargement.

De Trompeloup à la mer la profondeur est de 15 pieds (4,57 m) à marée basse et l'exhaussement de la marée est de 13 pieds (3,96 m). Toutefois des barres gênent la navigation.

Courants.

D'après Wheeler : « dans le cours inférieur de la Garonne, » dans la Gironde et la Dordogne, les grandes marées montent » au premier du flot avec un renflement considérable et à une » allure de 10 à 15 milles (16,090 km à 24,135 km) à l'heure ».

(1) Pauillac.

Ce mascaret se produit aux marées d'équinoxe et disparaît avant Bordeaux.

Vitesse du mascaret dans la Gironde.

Pieds à la seconde.	Nœuds à l'heure.	Mètres à la seconde.	Kilomètres à l'heure.
14,7 à 21,7	8,8 à 13	4,4 à 6,5	15,8 à 23,4

Mouvement.

Les statistiques commerciales suivantes s'entendent de Bordeaux, année 1902 :

	COMMERCE EXTÉRIEUR		CABOTAGE	
	NOMBRE DE NAVIRES	TONNAGE BRUT	NOMBRE DE NAVIRES	TONNAGE BRUT
Entrées	1 408	1 075 345	9 577	735 914
Sorties	1 375	1 095 997	9 116	639 429
Totaux	2 783	2 171 342	18 693	1 375 343

Total général : 21 476 navires, 3 546 685 tx de jauge brute.

XXXI

Le Rhône (France).

Au point de vue navigation, on a inclus dans ces notes son maître affluent, la Saône.

Principales sources de renseignements : L'Encyclopédie Britannique, les « Proceedings of the Institution of Civil Engineers » et les rapports consulaires spéciaux.

Le Rhône naît en Suisse, traverse le lac de Genève et se jette dans la Méditerranée après un cours de 447 milles (719,223 km).

A Lyon, à 205 milles (329,845 km) de la mer, il reçoit son plus grand affluent, la Saône.

A Arles, à 25 milles (40,225 km) de la Méditerranée, le fleuve commence à former son delta; il se divise en deux bras principaux : le Grand-Rhône qui descend d'Arles vers le sud-est jusqu'au golfe de Fos, et le Petit-Rhône qui se dirige au sud-ouest vers la Petite-Camargue.

Marées.

Dans cette partie de la Méditerranée, les marées sont insignifiantes. On peut donc considérer ce fleuve comme n'ayant que son propre courant.

Pentes et Chenaux.

Le niveau d'eau, à Lyon, est à 530 pieds (161,49 m) au-dessus de celui de la Méditerranée, soit une pente moyenne de 2,6 pieds (0,79 m) par mille (1/2000) de Lyon à la mer.

Cette pente dépasse par endroit 1/250.

Entre le confluent de la Saône et celui de l'Isère (61 milles — 98 km), le dénivellement est de 180 pieds (54,84 m), pente de 1/1800; entre l'Isère et la Drôme (18 milles — 28,962 km), dénivellement 56 pieds (17,06 m), pente 1/1700; de la Drôme à l'Ardèche (38 milles — 61,142 km), dénivellement 164 pieds (49,97 m), pente 1/1228, et de l'Ardèche à la Durance (34 milles — 54,706 km), dénivellement 88,5 pieds (26,96 m), pente 1/2036.

Au-dessus de Lyon, le Rhône supérieur est navigable depuis Le Parc, à 95 milles (152,855 m) en amont, pour les bateaux de 200 t qui descendent chargés et remontent à vide, mais la navigation doit s'arrêter quand le fleuve descend à son étiage de basses eaux qui ne laisse qu'une profondeur minima de 2 pieds (0,60 m).

Un canal latéral, long de plus d'un mille (1 609 m), avec une écluse, donne passage à la navigation au Sault, où le cours supérieur du fleuve est obstrué par trois chutes.

On est en train de canaliser la Saône en amont de Lyon jusqu'à Corre, à 233 milles (374,897 km) au-dessus de son confluent avec le Rhône.

La rivière canalisée a une profondeur utile de 6 pieds et demi (2 m), type adopté en France pour les principales voies de navigation intérieure, et peut porter des bateaux tirant 6 pieds (1,82 m).

Quand les eaux sont au plus bas, il n'y a maintenant dans aucun endroit de la Saône moins de 4 pieds (1,21 m).

Depuis 1885, la circulation n'a jamais eu à s'interrompre faute de fond. Il y a aujourd'hui 6 pieds et demi (2 m) pendant plus de neuf mois sur douze.

Entre Lyon et Arles, au sommet du delta, on a rectifié le chenal et allongé les pentes, ce qui a diminué le courant. On a enlevé les rochers dangereux, si bien qu'il y a maintenant dans cette partie du fleuve un minimum de profondeur de 4,6 pieds (1,40 m) et une profondeur utile de 5 pieds un quart (1,59 m) pendant au moins 354 jours, et de 6,6 pieds (2 m) pendant 310 jours chaque année.

Au-dessous d'Arles, dans le delta, on n'a pu arriver à maintenir un chenal suffisant dans l'un ou l'autre des bras, les marées n'étant pas assez fortes pour aider à enlever les alluvions.

Enfin, on a creusé un canal de 11 460 pieds (3 491 m) de long, 210 pieds (63,98 m) de large et 19 pieds et demi (5,94 m) de profondeur à marée basse entre la tour Saint-Louis et le golfe de Fos.

Courants.

Comme on peut le deviner d'après les pentes, les courants, dans beaucoup de parties du Rhône, sont très violents et parfois torrentiels.

Le débit moyen à Arles est de 60 000 pieds cubes (1 698 m³)

par seconde. Le maximum est de 428 840 pieds cubes (12 142 m³) et le minimum de 19 426 pieds cubes (550 m³). Au-dessous de Lyon, le débit, au moment des crues, est de 247 000 pieds cubes (6 993 m³).

Le fleuve enfle rapidement. Pendant de un à deux mois, chaque année, il est gros. Pendant les grandes crues, la vitesse du courant atteint par endroit un maximum de 20 pieds par seconde (6,09 m) — 12 nœuds à l'heure (21,600 km) au-dessous de Lyon.

La formule de Kutter donnerait comme moyenne de vitesse 6,4 pieds (1,95 m) par seconde entre Lyon et Arles, quand le fleuve est à moyen étiage.

Vitesses. De Lyon à Arles.

	PIEDS à la SECONDE	NŒUDS à L'HEURE	MÈTRES à la SECONDE	KILOM. à L'HEURE
Maximum par grandes crues	20 »	12 »	6 »	21,6
Moyenne à étiage moyen, calculée d'après la formule de Kutter . . .	6,4	3,8	1,9	6,8
Vitesse moyenne des chalands à la descente . .	5,5 à 6,3	3,3 à 3,8	1,65 à 1,90	5,9 à 6,8
Vitesse par basses eaux à Arles	4,9	2,9	1,45	5,2
Vitesse par basses eaux à Beaucaire	8,5	5,1	2,55	9,2

Les moyennes de vitesse à Arles et Beaucaire sont données par Spauzin dans son *Cours de Construction.*

MOUVEMENT.

Malgré la rapidité du courant et parfois sa violence, la navigation est active sur le Rhône.

Les plus grands vapeurs qui y circulent jaugent 600 tx et ont une force de 300 à 500 ch. Les plus grands chalands jaugent 800 tx, mais la plupart 200 à 280 tx seulement.

Le tonnage total entre Lyon et Arles est de près de 1 million de tonnes par an.

La vivacité du courant gêne le trafic amont; celui-ci est pourtant presque aussi considérable que le trafic aval, et le tarif par tonne-mille est à peu près le même dans les deux sens.

Dans cette partie du fleuve, la navigation se fait par vapeurs et chalands. Ces derniers descendent au fil de l'eau et remon-

tent à vide ou à demi chargés, tirés par des remorqueurs à grappins. Les vapeurs à marchandises de 300 à 400 t, tirant de 5 à 5 pieds un quart (1,52 à 1,59 m), descendent à une vitesse moyenne de 12 milles et demi (20,112 km) à l'heure, et remontent à une vitesse d'environ 3 milles trois quarts (6,033 km). Les vapeurs à voyageurs de 60 à 120 t ont un tirant d'eau de 3 pieds un quart à 5 pieds (1 m à 1,52 m). Les chalands de 30 à 300 t de jauge descendent au fil de l'eau à raison de 3 milles trois quarts à 4 milles un tiers (6 à 7 km) à l'heure, et sont remontés par des remorqueurs qui grippent le fond du fleuve au moyen d'une grande roue, à la vitesse d'environ 3 milles (4,820 km) à l'heure. Par endroits, on se sert d'une chaîne noyée.

XXXII

Le Rhin (Suisse, Allemagne et Hollande).

Nous avons compris dans ces notes le Rhin supérieur et le delta du Rhin; ce dernier est formé de l'Yssel, du Lek, du Waal et de la Meuse, en Hollande.

Le Rhin, qui est le principal fleuve de l'Allemagne et, par son delta, la voie navigable la plus importante de la Hollande, a une longueur d'environ 800 milles (1287 km), et un bassin d'environ 75 000 milles carrés (194 242 km²). Environ 250 milles (402,250 km) de son cours sont en Suisse, 450 (724 km) en Allemagne et 100 (160,900 km) en Hollande.

Il prend sa source en Suisse à 7 690 pieds (2 243 m) au-dessus du niveau de la mer. Ce n'est d'abord qu'un torrent de montagne; il descend de 1 200 pieds (365 m) en 12 milles (19,308 km). A Reichenau (Suisse), au confluent du Vorder Rhein (1) et du Hinter Rhein (2), le fleuve formé de ces deux tronçons a 150 pieds (45 m) de large et, à partir de ce point, prend le nom de Rhin sans qualificatif. Il est ici navigable pour les radeaux.

Les petits bateaux commencent à y circuler à Coire, environ 7 milles (11,263 km) en aval. Il traverse le lac de Constance et, à partir du point où il en sort, à l'extrémité ouest de l'Untersee, jusqu'à Bâle, sert de frontière à la Suisse et à l'Allemagne.

A Schaffhouse se trouvent les fameuses chutes; près de Hauterbourg, il y a une série de cataractes et, un peu au-dessous, les rapides de Rheinfelden.

A Bâle, le Rhin pénètre en territoire allemand; il a là, à 800 pieds (243 m) au-dessus du niveau de la mer, une largeur de 550 à 600 pieds (167 à 182 m).

De Bâle à Mayence (environ 180 milles — 289 km), le cours du fleuve a été rectifié à l'aide de digues.

La largeur à Mannheim est de 1 500 pieds (457 m).

Entre Bingen (à 20 milles — 32 km au-dessous de Mayence) et Coblentz, la vallée est très étroite et les rives sont rocheuses.

(1) Rhin Antérieur.
(2) Rhin Postérieur.

A Coblentz, le fleuve a 1 200 pieds (365 m) de large, mais, à Andernach, les collines se resserrent de nouveau et le fleuve se rétrécit jusqu'au-dessous des Sept-Montagnes où il s'évase à une largeur de 1 300 à 1 600 pieds (396 à 496 m).

Entre Bonn et Dusseldorf, les rives sont plates et la vallée spacieuse; au-dessous de Dusseldorf, la plaine a peu de pente et le courant y devient de plus en plus indolent.

Le Rhin entre en Hollande près de Lobitts. Quelques 6 milles (9.656 km) plus bas, il se divise en deux bras, dont le plus important au point de vue de la navigation, le Waal, traverse Nimègue et Tiel et s'unit à la Meuse à Woudrichem (1), à 58 milles (93,322 km) de la frontière allemande.

De ce point, le Waal, sous le nom de Merwede, descend à Hardinxweld, quelques milles plus bas.

Là, les eaux se divisent à nouveau : le Bas Merwede passe à Dordrecht et s'y dédouble encore, la branche septentrionale rejoint le Lek et, traversant Rotterdam, va sous le nom de Sheur se jeter dans la mer du Nord; la branche sud prend le nom de Vieille Meuse, communique en route, par des passages, avec le Scheur et se jette dans la mer par le même estuaire que ce dernier.

Le Nouveau Merwede, ne sert que de collecteur pour conduire les eaux au Hollandsch Diep.

Un autre bras du delta du Rhin, le Lek, qui s'appelle d'abord Canal de Pannerden, coule au nord-ouest vers Arnhem; il conflue à Westerwoort avec l'Yssel (2) dont la direction est vers le nord jusqu'au Zuiderzée; A partir d'Arnhem le Lek coule à l'ouest et à la mer par le Scheur et la Nouvelle Meuse, au-dessous de Rotterdam. Ce réseau, formé du Rhin allemand et de la Meuse qui a sa source en France, comprend les plus importantes voies navigables de la Hollande.

Le Rhin supérieur.

Les crues y montent parfois de 18 à 22 pieds (5,48 à 6,70 m) au-dessus du niveau des basses eaux, ce qui rend difficile l'établissement de ports.

(1) En face de Gorinchem ou Gorcum.

(2) L'Yssel coule alternativement dans l'un et dans l'autre sens, descendant vers le Lek ou en recevant de l'eau suivant les oscillations du flux et du reflux. (*Note du Traducteur*).

Vitesses de courant.

LOCALITÉS	LARGEUR		PROFONDEUR		PIEDS	NŒUDS	MÈTRES	KILOM.
	PIEDS	MÈTRES	PIEDS	MÈTRES	A LA SECONDE	A L'HEURE	A LA SECONDE	A L'HEURE
Fluringen (au-dessus des chutes)	»	»	6,7	2,04	2,96	1,8	1,48	5,3
Noll (au-dessous des chutes).	»	»	7 »	2,13	2,83	1,7	0,86	3,1
Bâle	»	»	7 »	2,13	6,38	3,8	1,95	7 »
Germersheim	»	»	11 à 17	3,35 à 5,17	5,05 à 6,1	3 à 3,7	1,54 à 1,86	5,5 à 6,7
Neubourg.	»	»	14 »	4,26	5,84	3,5	1,78	6,4
Pforzheim	»	»	14 »	4,26	5,64	3,4	1,72	6,2
Spires.	1 440	426,58	10 »	3,04	2,91	1,75	0,89	3,2
Forêt Noire, eaux basses	»	»	»	»	2,33	1,4	0,71	2,6
» » » hautes	»	»	»	»	6,03	3,6	1,84	6,6
Vallée Domleschger, eaux basses	»	»	»	»	1,25	0,75	0,38	2,7
» » » hautes.	»	»	»	»	7,42	4,5	2,26	8,1
Le fleuve varie de.	»	»	»	»	3 à 14	1,8 à 8,4	0,9 à 4,2	3,2 à 15,1

Courants.

Les éléments du tableau ci-contre sont tirés en grande partie des œuvres de Kutter et du livre de M. Comoy intitulé : *les Marées fluviales*.

La dernière ligne est prise de l'ouvrage de Thomas et Watt intitulé : *Improvement of Rivers* (1).

Chenaux.

Ce qui suit est extrait des *Minutes of the Institution of Civil Engineers* (2), année 1902-1903, vol. CLII.

Le Rhin allemand est entièrement ouvert à la navigation depuis la frontière hollandaise jusqu'à Strasbourg (355 milles un tiers — 571 km).

Le dénivellement sur cette distance est de 412 pieds (125 m), soit une pente moyenne générale de 0,862 pied (0,262 m) par mille (1 609 m) ou 0,000 1632. La pente est de 3,1 pieds (0,944 m) par mille (1 609 m) à Strasbourg et de 0,063 pied (0,191 m, à la frontière hollandaise.

Entre la frontière hollandaise et Mayence, le cours du fleuve a été régularisé au moyen de digues, batardeaux, etc. ; on a assuré une profondeur utile par basses eaux ordinaires de 10 pieds (3,04 m) de la frontière à Cologne, de 8 pieds un cinquième (2,49 m) de Cologne à Caub à la base du raidillon au-dessous de Bingen, point (Bingen) où le courant traverse un défilé rocheux avec une pente de 2,51 pieds (0,76 m) par mille (1 609 m).

Au-dessus de Bingen, la profondeur utile par eaux basses ordinaires est réduite à 6 pieds et demi (1,98 m) et se maintient à ce chiffre jusqu'à Philippsbourg à environ 22 milles et demi (36,202 km) en amont de Mannheim.

Au-dessus de Philippsbourg, la profondeur utile n'est que de 4,4 à 4,9 pieds (1,34 m à 1,49 m) et même moins quelquefois quand les eaux sont basses.

(1) L'Amélioration des fleuves.
(2) Minutes de l'Institut des Ingénieurs Civils (Londres).

Mouvement.

En 1900, les importations et exportations ont été de 874 500 t à Cologne et de 620 300 t à Dusseldorf (au-dessous de Cologne).

Le commerce se fait par vapeurs de haute mer, voiliers et grands chalands tirés en trains par des remorqueurs. Les plus petits vapeurs de mer qui circulent sur le fleuve peuvent embarquer 342 t, ont une longueur de 117 pieds (35,24 m), une largeur de 20 pieds et demi (6,24 m), hors membrures, un tirant d'eau de 11 pieds trois quarts (3,58 m); les plus grands ont 233 pieds (70,99 m) de long, 33 pieds un cinquième (10,20 m) de large hors membrures, 14 pieds (4,26 m) de tirant d'eau et jaugent 1 770 tx.

Les remorqueurs représentent les deux tiers de toute la batellerie, et les plus puissants ont une force de 1 250 à 1 400 ch.

Les chalands à fond plat qu'ils tirent ont en moyenne 265 pieds (80,74 m) de long, 33 pieds (10 m) de large, 10 pieds (3,04 m) de creux et jaugent 1 200 tx; les plus grands ont 289 pieds (88 m) sur 39 pieds un tiers (11,98 m) sur 8 pieds et demi (2,58 m) et jaugent 2 290 t; le plus vaste qui soit sur le fleuve jauge 3 241 tx, il est long de 328 pieds (99,94 m), large de 39 pieds un tiers (11,98 m) et son creux est de 9 pieds (2,74 m).

Nous copions ce passage de l'ouvrage intitulé *Highways of Commerce* (3), vol. XII.

« Si l'on fait entrer en ligne de compte les relations avec les » ports de Hollande et de Belgique, le trafic total du Rhin a été, » en 1892, de 20 793 000 t de marchandise, dont 16 480 000 t » représentent le transit intérieur seul. »

Les bateaux du Rhin transportent souvent des cargaisons partielles (300 à 600 t) jusqu'à Strasbourg. Avec beaucoup moins de difficulté, les petits bateaux peuvent remonter jusqu'à Huningue, près de Bâle.

En 1895, M. Henry C. Morris, consul des États-Unis, écrivait, au sujet de la navigation du Rhin : « La traction au moyen » d'appareils à vapeur placés sur la berge est organisée entre » Bonn et Bingen ; mais le halage par remorqueurs, qui augmente chaque jour, fait une rude concurrence à ce système.

(3) Les Grandes Routes du commerce.

» Le prix du halage par remorqueurs à contre-courant ne dé-
» passe pas en moyenne de $ 0,00875 à $ 0,009 (0,0437 à
» 0,0450 f) par tonne et par mille. La flottille qui transporte le
» trafic du Rhin compte aujourd'hui (1895) 8 248 bateaux, dont
» 7 530 bateaux ordinaires représentant ensemble 1 531 284 tx,
» et 738 vapeurs jaugeant au total 32 204 tx. »

M. Morris indique dans son rapport les chiffres suivants comme étant ceux du tonnage de quelques-uns des ports du Rhin. On pense que ces quantités ont fort augmenté depuis.

Ruhrort.	3 535 607 t
Mannheim.	2 802 703
Quisburg.	2 744 622
Ludwigshafen.	819 970
Cologne et Deutz	570 983
Mayence.	252 508

Bas Rhin ou Delta du Rhin.

On a décrit géographiquement ci-dessus cette partie du Rhin. C'est là qu'est situé le célèbre port de Rotterdam, sur la Meuse, à 18 milles (28,962 km) de la mer du Nord.

Marées.

A Rotterdam, l'échelle des marées est :

MARÉE MOYENNE		GRANDE MARÉE		MORTE EAU		ÉQUINOXE	
PIEDS	MÈTRES	PIEDS	MÈTRES	PIEDS	MÈTRES	PIEDS	MÈTRES
5,2	1,58	6,7	2,04	3,5	1,06	5	1,52

Chenal de Rotterdam.

On a travaillé, endigué et dragué le chenal de Rotterdam à la mer de façon à obtenir une profondeur de 21,3 pieds (6,49 m) au-dessous du niveau de la marée basse ordinaire ou 26,5 pieds (8,07 m) par pleine mer ordinaire entre les jetées, et 25,6 pieds (7,80 m) à marée haute ordinaire à Rotterdam. En mars 1898, un navire tirant 24,6 pieds (7,49 m) a pu entrer alors que la marée était basse et de 2,3 pieds (0,70 m) au-dessous du niveau ordinaire à ce moment,

Vitesses des courants dans les divers bras du delta du Rhin.

	MAXIMUM DE PROFONDEUR		PROFONDEUR MOYENNE		VITESSES MOYENNES			
	pieds	mètres	pieds	mètres	PIEDS à la seconde	NŒUDS à l'heure	MÈTRES à la seconde	KILOMÈTRES à l'heure
Le Lek, à l'embouchure supérieure. Ouvert d'environ 1 mille (1 609 m), largeur 321 pieds (97,80 m).	9	2,74	6 »	1,82	2,8	1,7	0,85	3,1
Au-dessous de l'Yssel. Ouvert de plus de 8 milles (12,872 km) largeur 700 pieds (213,29 m)	12	3,65	7,6	2,31	2,9	1,7	0,88	3,2
A Pannerden. Ouvert de plus de 11 milles (17,699 km), largeur 557 pieds (169,71 m)	17	5,17	11,2	3,41	3,3	2 »	1,01	3,6
Bras Waal, à l'embouchure supérieure. Ouvert de près de 12 milles (19,308 km), largeur 1 328 pieds (404,64 m). .	17	5,17	11,1	3,38	3,2	1,9	0,98	3,5
A Byland. Ouvert de plus de 4 milles (17, 699 km); largeur 1 155 pieds (351,92 m)	20	6,09	16,5	5,02	3,6	2,2	1,10	4 »
A Nimègue : largeur de 1 685 à 1 709 pieds (511,41 à 520,73 m).	»	»	8,7 à 16,8	2,65 à 5,11	3,7 à 4,8	1,6 à 2,9	1,13 à 1,46	4,1 à 5,2

Mouvement du port de Rotterdam.

En 1894, il y a eu 4 633 entrées avec une jauge de 3 851 632 tx et 4 520 départs avec un total de jauge de 3 741 023 tx. En 1893, le commerce rhénan s'est élevé, à Rotterdam, à 3 290 048 t de marchandises.

A titre d'indication de l'intensité de la navigation dans le delta du Rhin, disons que 6 733 451 t de marchandises à destination des ports de Hollande et de Belgique ont franchi la frontière allemande en 1893.

Courants.

Kutter donne les vitesses de courant ci-contre pour les différents bras du delta du Rhin.

Chenaux.

Le cours du Rhin, y compris le Waal et le Merwede (les deux bras les plus importants au point de vue de la navigation) a été grandement amélioré.

Au lieu des bas-fonds de jadis où l'on trouvait parfois à peine 3 pieds (0,91 m) d'eau, il y a maintenant une voie magnifique large de 1 180 à 1 312 pieds (359 à 395 m), où la profondeur, qui est actuellement de 8,9 pieds (2,71 m) à marée basse, sera bientôt portée à 10 pieds (3,04 m) même quand la profondeur à Cologne ne sera que de 5 pieds (1,52 m), phénomène qui ne se présente pas plus de dix jours par an en moyenne. La largeur du chenal navigable est de 328 à 492 pieds (99,94 m à 149,91 m). Le Merwede a maintenant une profondeur de 9,7 pieds (2,95 m) et davantage jusqu'à Dordrecht et, en aval, les fonds augmentent jusqu'à Rotterdam.

Mouvement.

Par le chenal ci-dessus mentionné où il n'y a qu'un faible courant de 2 à 3 nœuds (3,600 km à 5,400 km) passe le commerce immense du bas Rhin (quelques 5 millions de tonnes), transporté par vapeurs de haute mer, chalands et remorqueurs. Le courant ne gêne pas la navigation.

XXXIII

L'Elbe (Allemagne).

Ce grand fleuve allemand prend sa source à la frontière de la Silésie et de la Bohême. De là à son embouchure dans la mer du Nord à Cuxhaven, sa longueur est de 707 milles (1 137 km).

La longueur du secteur maritime de près de Geesthacht à Cuxhaven est de 88 milles (141,592 km).

Par les plus grandes marées renforcées de tempêtes, le flux se fait sentir jusqu'à Boizenberg, à 103 milles (165,727 km) de Cuxhaven. Quand l'Elbe est en crue, la limite de l'action de la marée est à Zollenspieker, à 79 milles (127 km) en amont de Cuxhaven.

Au-dessus du secteur sujet à la marée, le bassin de l'Elbe a une superficie de 51 933 milles carrés (134 501 km²).

La hauteur de pluie annuelle moyenne dans le bassin est de 26,1 pouces (662,9139 mm).

Le débit moyen annuel est d'environ 883 milliards de pieds cubes (25 001 262 000 m³) ou 28 0/0 du volume de pluie.

Pour plus de clarté, nous avons traité ce fleuve en deux parties correspondant à ses divisions naturelles : le cours inférieur, où la marée se fait sentir, et le cours supérieur ou fleuve proprement dit.

Cours inférieur.

Ce secteur s'étend de Geesthacht à Cuxhaven (88 milles — 141,592 km). C'est là que sont situés Hambourg, à 62 milles (99,758 km), de la mer, le plus grand port de l'Europe continentale, Altona et Cuxhaven.

Marées.

Le zéro de l'étiage à Geesthacht (limite de l'influence de la marée) est de 19,401 pieds (5,911 m) au-dessus du zéro de Hambourg, et celui de Cuxhaven de 0,216 pied (0,0658 m) au-dessous de ce dernier.

La plus forte marée connue a été de 27,07 pieds (8,248 m) à

Cuxhaven où l'amplitude moyenne est de 9,48 pieds (2,888 m). L'intervalle entre deux basses mers y est d'environ douze heures et demie et de même à Hambourg. Dans ce dernier port, la marée moyenne est de 5,9 pieds (1,79 m), et le maximum de dénivellement entre la pleine mer et la marée basse est de 19,7 pieds (6 m).

CHENAUX.

Le secteur au-dessous de Hambourg a été régularisé de telle sorte qu'aujourd'hui la profondeur utile à marée basse est d'environ 23 pieds (7 m).

Les moindres profondeurs se trouvent dans la partie entre le confluent du Köhlbrand et Brunshausen; elles sont de 18 pieds (5,48 m) à marée basse moyenne et de 24,6 pieds (7,495 m) à marée haute moyenne.

Près de Brunshausen et en aval, la nature donne une profondeur minima de 21,3 pieds (6,49 m) à marée basse moyenne ou 30,5 pieds (9,293 m) à marée haute moyenne.

COURANTS.

Les courants de marée sont les suivants. Les vitesses indiquées sont les maxima au flux et au reflux par marées moyennes.

LOCALITÉS		PIEDS à la SECONDE	NŒUDS à L'HEURE	MÈTRES à la SECONDE	KILOM. à L'HEURE
Gluckstadt	reflux	2,97	1,78	0,89	3,20
	flux	4,13	2,48	1,24	4,46
Brunshausen	reflux	4,67	2,80	1,40	5.04
	flux	2,93	1,76	0,68	2,45
Schulau	reflux	4,50	2.70	1.25	4,50
	flux	1,67	1 »	0,50	1,80
Blankenese	reflux	4.17	2.50	1,25	4,50
	flux	1,50	0,90	0.45	1,62

Ces vélocités ont été calculées par l'auteur au moyen des courbes de MM. J. F. Bubenderf et M. Buchheister, présentées au septième Congrès international de Navigation tenu à Bruxelles en 1898.

Mouvement.

Voici les statistiques de l'important port de Hambourg en 1903 :

	Entrées (tonnes brutes)	Sorties (tonnes brutes)
Commerce extérieur . . .	8 244 660	8 450 132
Cabotage	911 266	771 129
Total	9 155 926	9 221 261

Total général, 18 377 187 tx de jauge brute.

Les navires tirant 24,6 pieds (7,495 m) peuvent maintenant aller jusqu'à Hambourg.

Trafic du fleuve.

Dans la période entre 1871 et 1896 le nombre des bateaux venant de l'Elbe supérieur a passé de 6 081 avec 492 000 t de marchandises à 15 978 avec 2 080 000 t, et la quantité de marchandises expédiées à l'Elbe supérieur s'est accrue de 434 000 t à 2 069 000 t.

En 1893, Hambourg a dépassé Liverpool au point de vue du commerce avec l'extérieur, mais le cabotage de Liverpool est de beaucoup supérieur.

Cours supérieur.

Sur les bords du fleuve, dans ce secteur, se trouvent des villes de l'importance de Dresde, Meissen, Torgau, Wittenberg, Magdebourg et Harbourg.

La source de l'Elbe est à 4 600 pieds (1 401 m) au-dessus du niveau de la mer, mais la descente est de 3 942 pieds (1 201 m) en 40 milles (64,360 km).

A Dresde, le lit du fleuve n'est qu'à 279 pieds (85 m) au-dessus du niveau de la mer et seulement à 176 pieds (53 m) à Arnebourg, en Brandebourg.

A Koniggratz, la largeur est d'environ 100 pieds (30 m) ; elle est de 300 pieds (90 m) au confluent de la Moldau un peu au

nord de Prague, de 916 pieds (279 m) à Dresde et de 1 000 pieds (300 m) à Magdebourg.

Les vapeurs peuvent remonter le chenal principal jusqu'à Melnik et de là gagner Prague par le principal affluent de l'Elbe, la Moldau.

Courants et Chenaux.

Nous prenons ce qui suit dans l'ouvrage de MM. E. Gaugnillet et W. R. Kutter intitulé : *Flow of water in Rivers and other Channels* (1).

LOCALITÉS	LARGEUR		MAXIMUM de PROFONDEUR		VITESSES			
	PIEDS	MÈTRES	PIEDS	MÈTRES	PIEDS à la SECONDE	NŒUDS à L'HEURE	MÈTRES à la SECONDE	KILOM. à L'HEURE
Magdebourg :								
Minimum. . . .	315	95,98	9,6	2.92	3,77	2,26	1,15	4,14
Maximum. . . .	»	»	13,1	3,99	5,35	3,21	1,63	5.87
Tetschen :								
Eaux basses. . .	343 à 452	104,51 à 137,72	6,2 à 11,8	1,88 à 3,59	2,5 à 5	1,5 à 3	0,76à1,52	2,74 à 5,47
— hautes. . .	580	176	25,3	7,70	8 »	4,8	2,44	8,78
Eaux basses. . .	»	»	»	»	1,5 à 7	0,9 à 4,2	0,46à2,13	1,66 à 7,67
— hautes. . .	»	»	»	»	10 à 11,5	6 » à 6,9	3,05à3,51	10,98 à 12,64

Nota. — Les deux dernières lignes sont écrites d'après les données fournies par *Highways of Commerce*, vol. II (*).

(*) *Les Grandes Routes du commerce.*

Mouvement.

Le mouvement total des marchandises sur le fleuve s'élève à environ 5 millions de tonnes par an. Les cargaisons qui descendent consistent principalement en pierres à bâtir, bois de charpente, charbon et marchandises variées; celles qui remontent, en grains, farines, pétrole, anthracite et marchandises variées.

Le passage entre guillemets est tiré d'un rapport de M. Chas. L. Cole, consul général des États-Unis à Dresde, daté du 20 mai 1902, et publié dans le fascicule des *Rapports consulaires* n° 1 334, le 5 juillet 1902. On y trouvera une description complète du type de bateaux en usage.

(1) L'écoulement des eaux dans les fleuves et autres chenaux.

« L'emploi de la chaîne pour la traction des vapeurs sur l'Elbe » date de 1866. L'expérience a montré que c'est là un système » économique et pratique pour vaincre le courant rapide de ce » fleuve. Une grande partie de la région qu'il traverse est ceinturée de montagnes et, comme le lit est étroit, le courant est » nécessairement vif et fort. Le premier essai fut fait dans le » but de remorquer les chalands sous les ponts de Magdebourg » dont les arches sont nombreuses. Une chaîne est aujourd'hui » immergée dans le chenal depuis Melnick en Bohême jusqu'à » Magdebourg. La distance entre ces deux points est de 290 milles » (466,610 km). A un moment, la chaîne allait jusqu'à Hambourg, mais, comme le pays est plat et le courant faible au-dessous de Magdebourg, on en a abandonné l'usage entre cette » ville et Hambourg en 1898.

» Le système est aux mains de deux Compagnies : la Compagnie de Navigation à Chaîne de l'Elbe, dont l'autorité s'étend » de Magdebourg à la frontière de Bohême, et la Compagnie » Autrichienne de Navigation à Vapeur du Nord-Ouest, en Bohême.

» Les Compagnies possèdent et exploitent 35 vapeurs dont » quelques-uns sont munis d'hélices, mais la plupart n'ont pas » d'appareils de propulsion, excepté la chaîne dont ils se servent » pour remonter ou descendre le courant. Leurs dimensions » sont : longueur par-dessus pont 38,3 m à 55,67 m (126,39 à » 183,71 pieds); largeur au milieu 6,7 à 8,2 m (20,4 pieds à » 27,06 pieds); tirant d'eau, sans combustible, 0,6 à 0,88 m (2 à » 2,8 pieds); nombre de chaudières 1 à 2; surface de chauffe 82 » à 90 m² (892 à 980 pieds carrés); force des machines de 100 » à 200 ch.

» L'arrière et l'avant des bateaux sont de forme identique : » on peut donc aller dans un sens ou dans l'autre sans tourner, » en renversant simplement les machines. Il y a un gouvernail » à chaque bout, mais chacun est indépendant et manœuvré » par une roue de timonerie placée au centre.

» La dirigeabilité du vapeur n'est pas sérieusement affectée par » la chaîne et il obéit ordinairement au gouvernail comme s'il » était libre. La coque et les membrures sont en fer et, en vue » de la montée et de la descente de la chaîne, le pont a, à partir » du milieu et dans le sens de la longueur, une inclinaison » d'environ 1 yard vers chaque bout (0,91 m).

» Un grand nombre des bateaux du type le plus récent sont

» pourvus de deux hélices à turbines, système Zeuner, ou d'hé-
» lices ordinaires qui leur permettent de descendre le courant
» sans la chaîne.

» La longueur de chaîne immergée dans l'Elbe en ce moment
» est de 110 km (68 milles) de Melnick à Schmilka (frontière de
» Bohême) et 351 km (218 milles) de Schmilka à Rogatz (près
» de Magdebourg).

» Comme il n'y a qu'une chaîne pour la montée et la des-
» cente, les bateaux doivent la quitter quand ils se croisent.
» Dans ce cas, le vapeur qui descend s'arrête, cherche un mail-
» lon de raccord (1) et l'ouvre à l'aval. A chaque bout de la chaîne,
» ainsi coupée, on attache des cordes et le bateau descend
» lentement le courant jusqu'à ce que la corde attachée au bout
» amont de la chaîne atteigne le tambour. Alors on enlève la
» corde et on la remplace par une chaîne de fortune que l'on
» enroule autour du tambour — le bateau continuant à des-
» cendre le courant — jusqu'à ce que la chaîne atteigne le sup-
» port à la proue. En même temps on a laissé tomber à l'eau, à
» l'aide de la corde qui y est attachée, le bout aval de la chaîne,
» bout qui par conséquent va se trouver près du support
» arrière ; on le relève quand il atteint ce point et on le relie au
» bout amont après avoir enlevé la chaîne de fortune et refermé
» le maillon de raccord. Avant de rejeter à l'eau la chaîne
» reliée, le vapeur s'ancre par une courte chaîne de fortune à
» la chaîne principale de manière à s'empêcher de dériver. On
» fait un signal au bateau montant pour l'informer que tout est
» prêt et il avance jusqu'à ce que les deux bateaux soient côte
» à côte ; on les amarre ensuite l'un à l'autre et le bateau des-
» cendant est remonté de quelques mètres par son voisin afin
» de pouvoir détacher la chaîne de fortune de la chaîne prin-
» cipale. Le bateau montant avance lentement jusqu'à ce que le
» maillon de raccord atteigne son support arrière, on ouvre ce
» maillon, on ramasse le bout aval de la chaîne et on y attache
» une cordelette. On le porte au support arrière du bateau
» descendant et on l'y accroche au moyen d'un crampon. On
» laisse dériver le bateau descendant jusqu'à ce que son support
» avant soit au niveau du support arrière du bateau montant.
» On fait passer la chaîne de fortune du bateau descendant sur
» le support arrière du bateau montant et on l'attache au bout
» amont de la chaîne principale. Le bateau descendant dérive

(1) Abot ou manicle.

» de la longueur de la chaîne flottante qui s'est accumulée dans » la boite à chaîne du bateau montant, et celui-ci peut alors » avancer, tandis que le bateau descendant le suit, jusqu'à ce » que d'abord la chaîne de fortune puis la chaîne principale » aient passé sur le tambour. On détache à ce moment la chaîne » de fortune et l'on fait glisser à l'aide de la corde la chaîne » principale par la rainure arrière jusqu'au support arrière où » l'on rattache les deux bouts au moyen du maillon de raccord.

» Les deux vapeurs se sont maintenant dépassés, tous deux » sont sur la chaîne principale et ils peuvent continuer leur » chemin. La manœuvre prend en tout de quinze à trente mi- » nutes.

» La moyenne de vitesse en remontant le courant au moyen » de la chaîne est de 4 à 5 km (2,48 à 3,1 milles), et en des- » cendant de 10 à 12 km (6,2 à 7,5 milles) à l'heure. La con- » sommation de charbon (charbon tendre et brun de Bohême) » pour les bateaux du type ancien est en moyenne de 3,5 kg » (7,7 livres) par cheval-vapeur nominal et par heure; les » machines compound la réduisent à de 2 à 2,5 kg (4,4 à 5,5 » livres).

» A l'aide de la chaîne, un vapeur peut haler de 4 à 6 chalands » contenant de 1200 à 1500 t à une vitesse que ne sauraient » atteindre de puissants remorqueurs à aubes, et cela en » employant seulement un tiers environ de la force motrice » nécessaire à ces derniers et en réalisant une économie de » combustible correspondante (1). »

(1) On lira ici, avec intérêt, pensons-nous, les lignes suivantes que M. Armand Saint-Yves, Inspecteur général honoraire des Ponts et Chaussées, écrivait en 1888 :

« Les applications du touage sont assez nombreuses. En France, les emplois les plus » fréquents ont été faits sur la Seine, entre le Trait, situé entre Rouen et le Havre, et » Conflans; entre Conflans et Paris; et sur la haute Seine, entre Paris et la rivière » d'Yonne; sur le Rhône et la Saône.

» Sur les canaux, on l'emploie au canal de Saint-Quentin et au canal de Bourgogne.

» A l'étranger, il est usité sur le Danube; en Belgique, sur la Meuse; et aussi en » Amérique, au Canada, sur le fleuve Saint-Laurent, pour remonter jusqu'à Montréal » des navires qui portent de 1500 à 3000 t, à travers des courants qui atteignent une » vitesse de 3,50 m par seconde.

» Rappelons, enfin, qu'un service de touage sur chaîne noyée a été installé en Égypte, » sur le canal d'eau douce, pendant la durée du percement de l'isthme de Suez, pour » assurer l'approvisionnement des chantiers.

» C'est surtout pour lutter contre les fortes résistances, généralement dues aux cou- » rants, que le touage est utilisé.

» Les bateaux toueurs en France et en Belgique, les seuls que nous avons pu étudier, » sont à peu près construits sur le même modèle. Ils ont une longueur de 40 m et une » largeur de 6,20 m hors ceinture, soit en réalité 5,90 m. Le creux du bateau, au-dessous » du pont, est de 2,60 m. Ils sont à fond plat et construits en tôle.

» Ces bateaux sont absolument symétriques par rapport à l'axe transversal, c'est-à-dire

Ce qui suit est tiré des *Highways of Commerce* (1), vol. XII.

« La navigation intérieure est parfaitement organisée sur » l'Elbe qui, avec son affluent la Moldau, forme aujourd'hui » une voie navigable de 483 milles (777,147 km) de dévelop- » pement. Depuis l'achèvement des travaux de rectification,

» que l'avant et l'arrière sont absolument semblables, et sont, tous deux, munis d'un » gouvernail.

» Les chaudières des toueurs de la basse Seine sont timbrées à 5,500 kg, soit une pres- » sion de 6,5 atmosphères. Elles développent sur la machine une force nominale de » 100 ch; on obtient facilement 120 ch.

» La marche des toueurs sur la basse Seine est réglée à 60 tours de la machine par » minute (ce qui donne 180 tours aux hélices). Avec ces 60 tours de la machine, com- » mandant la roue dentée de petite vitesse, le toueur fait en remonte environ 4 km » à l'heure (3 770 m). Quand la machine marche à 65 tours par minute, ce qui est un » cas fréquent, en petite vitesse, le parcours kilométrique à l'heure est de 4 145 m.

» Ce parcours de 4000 m à l'heure en moyenne est la vitesse absolue du toueur; sa » vitesse relative est plus considérable, car le toueur est, en remonte, en lutte contre le » courant de la Seine. Or, à l'étiage, le courant naturel de la Seine est de 0,28 à 0,30 m » par seconde. Quand les barrages sont couchés, avant l'arrêt de la navigation, le cou- » rant dépasse 1 mètre par seconde. En prenant une moyenne de 0,60 m par seconde, on » a un parcours de 6 160 m à l'heure, soit en moyenne 6 km sur une nappe d'eau sans » courant. Autrement dit, le travail nécessaire pour faire parcourir, à un toueur chargé » de son train de bateaux, 4000 m à l'heure en remontant la Seine, suffirait pour lui » faire parcourir 6000 m sur une eau sans courant.

» Des expériences directes ont été faites sur le rendement des machines des toueurs » de la basse Seine, en vue d'évaluer l'effort de traction sur la chaîne. Voici le relevé » de ces expériences, qui nous a été donné à Rouen par l'Ingénieur de la Société du » touage :

» Le travail développé dans les cylindres pour

50 tours par minute est de	kg	101,363
55 — — —		111,500
60 — — —		125,000

» Le travail sur les treuils, en admettant un rendement de 60 0/0, est, par seconde, » pour :

50 tours, de	kg	60,218
55 tours, de		66,900
60 tours, de		75,000

» Pour la marche normale de 60 tours par minute, à la grande vitesse, les nombres » des dents de la roue et du pignon étant 102 et 68, le nombre des tours du treuil » est 40.

» A la petite vitesse, les nombres des dents de la roue et du pignon étant 102 et 34, le » nombre des tours du treuil est de 20.

» Le diamètre des treuils d'enroulement étant de 1 mètre, le chemin parcouru par » minute est :

Grande vitesse $= 40 \times \pi$, soit à l'heure, 7,536 km.
Petite vitesse $= 20 \times \pi$, soit à l'heure, 3,770 km.

» La roue transmet au treuil une force de 75 ch par seconde, ou un travail de » $75 \times 75 = 5625$ kg.

» La vitesse de 3 770 m à l'heure donne une vitesse de 1,047 m par seconde.

» Donc l'effort de traction exercé sur la chaîne sera $\frac{5\,625}{1,047} = 5\,372,47$ kg.

» Les chaînons des toueurs ont 0,021 m de diamètre, soit, pour les deux branches de » l'anneau, une section de 693 mm². L'effort total étant de 5 372,47 kg, le travail du » fer (*a*), par millimètre carré, est de 7,7525 kg.

» On remorque 1 800 t de marchandises dans cinq ou six bateaux, par les forts cou-

(1) *Les Grandes Routes du commerce.*

» l'Elbe contribue beaucoup à la prospérité du port de Ham- » bourg. A basses eaux, la rapidité du courant varie de 1,5 à » 7 pieds (0,45 m à 2,13 m) par seconde et augmente jusqu'à de » 10 à 11 pieds et demi (3,04 m à 3,50 m) par seconde, à hautes » eaux navigables. Même dans ce dernier cas le tirant d'eau des » bateaux ne peut dépasser 4 pieds 6 pouces (1,36 m). Par eaux » basses, le tirant possible est réduit à 21 pouces (0,53 m) dans » la partie autrichienne et n'est pas de plus de 31,5 pouces » (0,79 m) entre Magdebourg et le confluent du Havel au-dessus » de Hambourg.

» Malgré les conditions défavorables, le prix du fret par tonne- » mille n'est que de $ 0,00388 (0,019 f) en remontant et de » $ 0,00291 (0,014 f) en descendant le courant. Les bateaux en » service ont jusqu'à de 197 à 230 pieds (60 m à 70 m) de long » et de 28 à 32 pieds trois quarts (8,53 m à 9,97 m) de large, » avec une capacité de 15 900 à 26 500 pieds cubes (450 à » 750 m³). La traction s'opère au moyen de chaînes fixées aux » berges (voir ci-dessus) ou par remorqueurs à vapeur.

» Des vapeurs appelés « Transports Express » portent de 150 » à 200 t de marchandises et remorquent un chaland de 200 à » 250 tx. Ils couvrent les 392 milles (630,728 km) entre la frontière » autrichienne et Hambourg en trois jours ; en remontant le » courant il leur faut six ou neuf jours. L'Oder rectifié et le » canal qui unit l'Oder à l'Elbe, canal long de 143 milles » (230 km) avec 25 écluses et empruntant en partie le cours de » la Sprée, constituent de magnifiques voies navigables en » dépit de leur peu de profondeur.

» L'écluse de Mühlendamm, longue de 377 pieds (11,487 m) » et large de 31 pieds et demi (9,59 m), a été ouverte en 1894. » Les bateaux de 500 tx peuvent circuler maintenant entre » l'Elbe, la Sprée et l'Oder. »

Ces lignes ont été écrites en 1895.

» rants. En été, avec un faible courant, barrages levés, on a remorqué 3 000 t. Aujour- » d'hui, après les derniers travaux exécutés sur la Seine, qui, barrages levés et débit » réduit, n'a plus qu'un très faible courant, on remorque de 3 500 à 4 000 t. Il convient » d'ajouter que le touage de la Seine traîne les 3500 t de marchandises dans des bateaux » de formes lourdes, ou offrant, par leur mode de construction, de sérieux obstacles à la » marche. On compte généralement que, pour le poids de ces bateaux, sans avoir égard » à la défectuosité de leurs formes, il faut augmenter le tonnage d'un quart environ. Il » faudrait donc calculer sur un déplacement de 4 400 m³, au lieu d'un tonnage effectif » de 3 500 t. »

(a) Les chaînes sont en fer forgé. Diamètre, 21 mm. Chaque maillon a 110 mm de longueur pour 68 mm de largeur. Les chaînes pèsent 10 kg par mètre courant. Le prix de fabrication est de 45 f les 100 kg. *(Note du traducteur.)*

Dangers de navigation causés par les courants.

Au-dessous de Magdebourg, la partie du fleuve où l'on ne se sert pas de la chaîne, le courant a une vitesse de 2 à 3 nœuds (3,6 km à 5,4 km) à l'heure et la navigation n'en est pas gênée. Au-dessus de Magdebourg où il atteint 7 nœuds (12,6 km) par endroits aux hautes eaux, la chaîne a remplacé l'hélice et permet de remonter avec facilité de lourds trains de chalands.

XXXIV

Le Bas Weser (Allemagne).

C'est sur cette partie du fleuve que sont situés les ports célèbres de Bremerhaven, près de la mer du Nord, et de Brême, environ 42 milles (67,578 km) en amont.

Marées.

Voici l'échelle des marées à Bremerhaven :

MARÉE MOYENNE		GRANDE MARÉE		MORTE EAU		ÉQUINOXE	
PIEDS	MÈTRES	PIEDS	MÈTRES	PIEDS	PIEDS	PIEDS	MÈTRES
8,2	2,49	10,4	3,16	5,8	1,76	8 »	2,43

Les grandes marées ont une hauteur de 4,5 pieds (1,37 m) à Brême. La marée ne se fait sentir que jusqu'à une faible distance au-dessus de cette dernière ville.

Chenaux.

Entre Bremerhaven et Brême le fleuve a été régularisé de manière à donner 16,5 pieds (5,02 m) à marée basse moyenne, 24,7 pieds (7,52 m) à marée haute moyenne, au lieu de 9 pieds (2,74 m) qu'on y trouvait précédemment. Le moindre rayon est de 4 166 pieds (1 269 m) et la largeur à marée basse de 262 pieds (79,83 m).

Au-dessous de Bremerhaven, on a obtenu 26 pieds (7,92 m) sur la barre au moyen de jetées et de dragages. Des navires tirant 28 pieds (8,53 m) et au delà ont franchi cette barre.

Courants.

Les chiffres suivants donnent les vitesses moyennes de courant *d'eau douce* dans le bas Weser :

	MOYENNE DE VITESSE			
	PIEDS A LA SECONDE	NŒUDS A L'HEURE	MÈTRES A LA SECONDE	KILOMÈTRES A L'HEURE
Avant la régularisation	1,1	0,66	0,33	1,18
1897	1,5	0,90	0,45	1,62
D'après le projet	2,4	1,44	0,72	2,59

Mouvement.

En 1897, le tonnage de Brême et Bremerhaven a été de :

511 navires tirant de 16 pieds trois quarts à 16 pieds et demi (5,10 à 5,02 m).

211 navires tirant 16 pieds et demi (5,02 m) et au-dessus.

Tonnage total : 723 000 t.

La source d'où la plus grande partie des renseignements ci-dessus est tirée est les *Proceedings of the Institution of Civil Engineers*, années 1898-99, vol. CXXXV.

Du même ouvrage, années 1902-03, vol. CLII, nous extrayons :

On projette actuellement d'obtenir 22 pieds (6,70 m) d'eau à marée basse entre Bremerhaven et Brême. Il y a maintenant 26 pieds un quart (7,39 m) à marée basse dans l'estuaire au-dessous de Bremerhaven, ce qui donne une profondeur utile de 33 pieds (10 m) pour les vapeurs qui entrent et 29,2 pieds (8,89 m) pour ceux qui sortent.

Statistiques commerciales de Brême et Bremerhaven, année 1903 :

	COMMERCE EXTÉRIEUR		CABOTAGE	
	NOMBRE DE NAVIRES	TONNAGE BRUT	NOMBRE DE NAVIRES	TONNAGE BRUT
Entrées	2 479	2 709 744	1 771	470 071
Sorties	2 098	2 578 873	2 180	605 892
Totaux	4 577	5 288 617	3 951	1 075 963

Total général : 8 528 navires, de 6 364 580 tx de jauge bruts.

Les courants sont trop faibles pour affecter la navigation.

XXXV

Canal de la mer du Nord à la Baltique (Allemagne)

(Canal Empereur-Guillaume).

Ce canal a été ouvert au commerce le 19 juin 1895. Long de 61,27 milles (98,6 km), il va de Holtenau, dans la baie de Kiel, à Brunsbuttel, à l'embouchure de l'Elbe. Il est pour les deux tiers en ligne droite.

L'exhaussement moyen de la marée à l'embouchure de l'Elbe est de 8,9 pieds (2,71 m). Le niveau d'eau dans la baie de Kiel varie beaucoup selon le vent. On a donc construit des écluses aux deux bouts du canal pour éviter des courants trop rapides.

Le niveau d'eau dans le canal correspond au niveau moyen de la Baltique, lequel diffère peu du niveau ordinaire à mi-marée à l'embouchure de l'Elbe.

Les écluses du côté de la Baltique sont généralement ouvertes; on ne les ferme que lorsque le niveau s'écarte de 1 pied deux tiers (0,50 m) au-dessus ou au-dessous du niveau moyen.

On ouvre les écluses du côté de Brunsbrittel à chaque reflux: on permet à l'eau de descendre dans le canal selon la marée jusqu'à 1 pied deux tiers (0,50 m) au-dessous du niveau ordinaire; on les ferme alors pour obvier à ce que se produise un courant trop fort. Pendant le flux, l'écluse reste close pour empêcher d'entrer l'eau très limoneuse de l'Elbe.

Courants.

Pendant chaque marée ordinaire, l'écoulement du canal dans l'Elbe a un maximum de vitesse de 4,9 pieds à la seconde, soit 2,94 nœuds à l'heure, ou 1,49 m à la seconde ou 5,36 km à l'heure, ce qui chasse la vase déposée dans le port extérieur. C'est pour arriver à ce résultat et maintenir une profondeur constante qu'on a donné au canal une pente vers l'Elbe.

Dimensions et alignement.

Au plus bas niveau, la profondeur est de 27 pieds 10 pouces (8,25 m). La largeur du plafond est de 72 pieds 2 pouces (22 m) dans

les ouverts droits; l'inclinaison des côtés est de 1 pour 3 jusqu'à 10 pieds (3 m) au-dessus du plafond, puis jusqu'à 23 pieds (7 m) au-dessus du plafond de 1 pour 2, puis il y a une berme horizontale large de 8 à 31 pieds (2,43 à 9,44 m) selon la nature de la tranchée. On a donné à la partie inférieure de la coupe l'inclinaison moindre en prévision de l'approfondissement du canal jusqu'à 29 pieds (8,98 m) à extrême eau basse.

La courbe la plus prononcée a un rayon de 3 281 pieds (999,72 m), la moins accentuée 19 686 pieds (5 998 m) de rayon, et les largeurs à toutes les courbes sont augmentées selon la formule : Élargissement $= 85,28 - \frac{R}{328}$, dans laquelle R = le rayon en pieds. Pour le calcul métrique, cette formule s'écrit $26 - \frac{R}{100}$.

Il y a six garages où peuvent se croiser les grands navires. Ils ont chacun 492 yards (449,87 m) de long et 65 yards (59,43 m) de large.

Mouvement.

Les chiffres suivants indiquent le commerce de ce beau canal pour l'année qui s'est terminée le 31 mars 1901 :

Chargés		Sur lest		Totaux	
Nombre de navires	Tonneaux	Nombre de navires	Tonneaux	Nombre de navires	Tonneaux
Vapeurs.					
9 453	3 053 979	2 846	453 313	12 269	3 489 292
Voiliers (1).					
11 134	357 964	5 642	234 838	16 776	792 802
Total général : 29 045 navires jaugeant ensemble 4 282 094 tx.					

(1) Comprend les chalands et autres bateaux remorqués.

Ne sont pas inclus dans ces chiffres les 430 vaisseaux de guerre qui se sont servis du canal au cours de l'année.

Le canal porte officiellement le nom de Canal Empereur-Guillaume.

Les sources d'où sont tirés les renseignements ci-dessus sont les *Proceedings of the Institution of Civil Engineers*, années 1898-99, vol. CXXXV, et les Rapports Trimestriels de statistiques Allemands.

Nota. — En 1902, le tonnage qui a traversé le canal a été de 4 573 834 t, représenté par 32 010 vaisseaux dont 14 289 vapeurs.

XXXVI

Le Danube (Autriche, Bulgarie, Roumanie).

Le Danube prend sa source dans la Forêt Noire, à 2 850 pieds (868,39 m) au-dessus du niveau de la mer, et après un cours en méandres de 2 000 milles (3 218 km) à travers le Wurtemberg, la Bavière, l'Empire d'Autriche, la Serbie, la Bulgarie et la Roumanie, après avoir arrosé les grandes villes de Vienne et de Budapest, arrive à la mer Noire par un delta. Son bassin englobe près de 300 000 milles carrés (776 970 km²). C'est la principale voie navigable de l'Empire austro-hongrois.

Au dessous d'Ulm, où il reçoit la Blau, le fleuve pénètre en Bavière où se mêlent à ses eaux celles de l'Iller alpine à 1 400 pieds (426,58 m) au-dessus du niveau de la mer. A partir de ce confluent, il devient navigable pour bateaux à fond plat de 100 tx.

De Donauwörth à Passau, il traverse la plaine de Bavière.

En la quittant, il coule à travers un pays montagneux jusqu'à Vienne.

Son lit est, à Passau, frontière de l'Autriche et de la Bavière, à 800 pieds (243 m) au-dessus du niveau de la mer, et à 450 pieds (137 m) à Vienne, à 150 milles (241 km) en aval, soit une pente de 2 pieds un tiers (0,70 m) par mille (1 609 m) ou (0,000 44).

De Vienne au confluent de la Drave, le fleuve méandre à travers des plaines étendues, avec seulement quelques ondulations, par exemple à Presbourg, Buda-Pest et Waitzen ou Vácz.

Le sommet du delta est à Isaktcha. La largeur du chenal y est de 1 700 pieds (517 m) et la profondeur de 50 pieds (15,23 m).

Delta du Danube.

Le Danube, en traversant Isaktcha, n'a qu'un seul lit large de 1 700 pieds (517 m) et profond de 50 (15,23 m).

A environ 15 milles (24,135 km) au-dessous, il se divise en deux bras, dont le septentrional, ou bras de Kilia, forme un lacis irrégulier de chenaux, et le méridional, ou Toultcha, se

subdivise bientôt en bras central ou bras Soulina, et bras sud ou bras Saint-Georges.

En suivant le bras Kilia, Isaktcha est à 70 milles (112,630 km) de la mer Noire ; elle en est à 78 milles (125,502 km) par le bras Soulina ; à 90 milles (144,910 km) par le bras Saint-Georges et à 58 milles (93,322 km) à vol d'oiseau.

Le débit du Danube est de 70 000 pieds cubes (1 981 m^3) par seconde par eaux extrêmement basses, 125 000 pieds cubes (3 539 m^3) par eaux basses ordinaires, 324 000 pieds cubes (9 173 m^3) par eaux hautes ordinaires et 1 million de pieds cubes (28 314 m^3) lors des crues exceptionnelles, soit une moyenne de 207 000 pieds cubes (5 860 m^3) d'après les observations faites pendant dix ans. 63 0/0 de ce volume s'écoulent par le bras Kilia et 37 0/0 par les autres bras.

Le bras Saint-Georges absorbe 80 0/0 du bras Kilia, soit 30 0/0 du débit total du fleuve. Il a une largeur moyenne de 1 200 pieds (365,540 m) et un minimum de profondeur de 16 pieds (4,87 m) aux époques d'extrêmes basses eaux. Il est très sinueux, mais sa largeur empêche que ses coudes soient un obstacle sérieux à la navigation.

Le bras Soulina laisse écouler 20 0/0 du débit du bras Toultcha, soit 7,4 0/0 de celui du fleuve entier. On l'a amélioré en y construisant des jetées parallèles écartées de 600 pieds (182,82 m), de telle sorte qu'il y a une profondeur de 16 pieds et demi à 17 pieds et demi (5,02 m à 5,33 m) dans le bras lui-même et de 20 pieds (6,09 m) sur la barre.

La mer Noire n'a pas de marées.

Chenal du bras Soulina.

Le chenal a 370 pieds (112 m) de large par basses eaux.

A cet étiage, les bas-fonds donnaient autrefois de 10 à 14 pieds (3,04 m à 4,26 m) d'eau et 16 pieds (4,87 m) au printemps et au commencement de l'été. Il y a maintenant de 16 pieds et demi à 17 pieds et demi (5,02 m à 5,33) et 20 pieds (6.09) sur la barre.

On s'est aperçu que, dans ce chenal étroit, les navires ne pouvaient pas circuler avec un rayon de 800 pieds (243 m), et qu'avec un rayon de 1 200 pieds (365 m) les grands vapeurs étaient gênés. On a, en conséquence, porté le rayon au minimum de 1 600 pieds (487 m).

COURANTS.

	PIEDS A LA SECONDE	NŒUDS A L'HEURE	MÈTRES A LA SECONDE	KILOMÈTRES A L'HEURE
Hautes eaux ordinaires.	4 à 4,4	2,4 à 2,65	1,2 à 1,3	4,3 à 4,7
Saison sèche.	1,5	0,9	0,45	1,6
Extrêmes crues	7,3	4,4	2,2	7,9
— eaux basses (embouchure). . .	0,7	0,4	0,2	0,7

Ces courants se trouvent dans le fleuve lui-même. Ceux de l'embouchure Soulina sont indiqués ci-dessous. (Voir *Proceedings of the Institute of Civil Engineers*, vol. XXXVI.)

Vitesses à la surface dans la bouche Soulina, maxima et minima, de 1862 à 1871.

ANNÉES		PIEDS A LA SECONDE	NŒUDS A L'HEURE	MÈTRES A LA SECONDE	KILOM. A L'HEURE
1862	Maximum.	8,3	5 »	2,5	9 »
	Minimum.	0,42	0,25	0,12	0,4
1863	Maximum.	2,4	1,40	0,7	2,5
	Minimum.	0,7	0,42	0,21	0,76
1864	Maximum.	5,17	3,10	1,55	5 »
	Minimum.	0,17	0,10	0,05	0,18
1865	Maximum.	8 »	4,80	2,4	8,6
	Minimum.	0,42	0,25	0,12	0,4
1866	Maximum.	2,08	1,25	0,62	2,2
	Minimum.	0,67	0,40	0,20	0,7
1867	Maximum.	4,8	2,90	1,45	5,2
	Minimum.	0,67	0,40	0,2	0,7
1868	Maximum.	2,7	1,60	0,8	2,9
	Minimum.	0,52	0,30	0,15	0,5
1869	Maximum.	3,7	2,20	1,1	4 »
	Minimum.	0,85	0,50	0,25	0,9
1870	Maximum.	6,3	3,80	1,9	6,8
	Minimum.	1,43	0,86	0,43	1,5
1871	Maximum.	7,5	4,50	2,25	8,1
	Minimum.	1,5	0,90	0,45	1,6

La pente par mille (1 609 m) est de un quart de pouce (0,0063 m) par eaux extrêmement basses et de 3 pouces (0,076 m) par eaux extrêmement hautes.

Le chenal a 500 pieds (152 m) de large à l'extrémité supérieure et 600 pieds (182 m) à l'inférieure, avec une largeur de 260 pieds (79 m) au fond.

Mouvement.

En 1890, 1 519 navires jaugeant en moyenne 754 tx, beaucoup d'entre eux jaugeant de 1 400 à 1 600 tx, ont franchi la barre. Tonnage total : 1 145 054 tx.

Le Haut Danube.

Le régime de ce fleuve varie tellement qu'il est à peu près impossible d'en donner les conditions en quelques mots.

La profondeur va de 50 à 10 pieds (15 à 3,4 m). Cette dernière (3 m) est celle déterminée par les règlements pour le cours supérieur.

Sa vitesse est tantôt — par exemple entre Budapest et le confluent de la Drave — celle d'une rivière indolente ; tantôt celle d'un gave rapide, notamment aux Portes-de-Fer et à Budapest.

Sa largeur est de 1 700 pieds (517 m) au sommet du Delta et de 300 à 400 pieds (de 91 à 121 m) dans les biefs supérieurs. A Budapest elle est de 656 pieds (200 m) (1).

Les crues sont très subites et, quand le fleuve est gros, il est en maints endroits tumultueux.

Les vitesses suivantes s'entendent à étiage moyen.

Courants.

COURANTS	PROFONDEUR		VITESSE MOYENNE			
	PIEDS	MÈTRES	PIEDS à la seconde	NŒUDS à l'heure	MÈTRES à la seconde	KILOM. à l'heure
A Ravensburg	5,8	1,76	3,8	2,3	1,15	4,1
A Szob	12	3,65	2.5	1,5	0,75	2,7
Au-dessous de Sarengrad.	14,25	4,34	2,5	1,5	0,75	2,7
A Buda-Pest.	15,4	4,69	2 »	1,2	0,6	2,2
Bas Danube	»	»	3,6	2,2	1,1	3,96
Haut Danube	»	»	7,2	4,4	2,2	7,92
Eaux basses à Ebersdorf	»	»	3,5	2,1	1,05	3,8

La dernière ligne est donnée par Spauzin dans son *Cours de Construction.*

(1) D'après la *Grande Encyclopédie* la largeur est de 211 m à Passau, de 1 500 m aux Portes-de-Fer, de 1 300 m à Roustchouk et de 590 m à Isaktcha. Moyenne générale 816 m.

Mouvement.

Le trafic est transporté en grande partie par vapeurs dont le type général est de 650 tx. et par chalands tirant de 4,6 à 7 pieds (1,4 m à 2,1 m) d'eau.

On lit dans les *Highways of Commerce* (1), vol. XII :

« La circulation sur le Danube a un rôle important au point » de vue transport. Buda-Pest est au centre ; de là on fait affaire » avec l'est et l'ouest. Le Danube entre en Hongrie à Deveny » et divise le pays en deux parties en faisant sa courbe vers le » sud à Buda-Pest et descendant jusqu'à Vurkovar où il tourne » à l'est par un nouveau coude aussi brusque que celui de » Buda.

» Son trafic est alimenté par la Theiss ou Tisza, qui est navi- » gable aux vapeurs de Szolnok à Titel, où elle se jette dans le » fleuve.

» La Save est navigable jusqu'à Sisek et rejoint le Danube » à Semlin.

» La Drave, navigable jusqu'à Barcs, est le grand chemin des » marchandises à destination de l'Italie, de la Suisse et de l'Alle- « magne du Sud, par Barcs où s'opère le transbordement.

» Le canal de Bega, de Temesvar à Titel, est aussi un tribu- » taire de la Theiss et, par elle, du Danube. Puis viennent les » canaux François-Joseph et François qui, par des raccourcis, » unissent le Danube à la Theiss.

» La principale entreprise de transport est la Compagnie Im- » périale et Royale de Navigation à vapeur du Danube, dont la » flottille se compose d'environ 190 vapeurs et 782 chalands, » d'une capacité totale de 276 809 t. La plupart des chalands à » marchandises ont une capacité de cargaison de 350 t, encore » que plusieurs puissent contenir 820 t et davantage. D'autres, » en revanche, ne chargent que 50 t ; ils servent principale- » ment aux transbordements.

» Outre la Compagnie Impériale du Danube, il y a deux » grandes Associations qui exploitent le fleuve. Ce sont la Com- » pagnie Hongroise de Bateaux à vapeur et la Compagnie Sud- » Allemande de Bateaux à vapeur. Il existe de plus plusieurs » Sociétés particulières. La flottille totale de celles-ci consiste en

(1) *Les Grandes Routes du commerce.*

» 112 bateaux en fer, d'une capacité de 34 486 t, et en environ » 1 000 chalands en bois de dimensions au-dessus de la moyenne » et d'une capacité globale de 200 119 t. Cette flottille transite » annuellement 2 700 000 tonnes kilométriques, soit 41,3 0/0 de la » totalité des transports par eau.

» La Compagnie privilégiée de Navigation à vapeur du » Danube, que nous avons mentionnée la première, dessert » 90 0/0 des voyageurs et 58,7 0/0 des marchandises. (L'en- » semble de la batellerie du fleuve jauge environ 6 500 000 tx.)

» Les principaux ports sont, sur le Danube : Komorn (1), Györ » (Raab), Vácz (Waitzen) (2), Buda-Pest, Kalocsa, Baja, Mohacs, » Vukovar, Ujvidek (Neuzatz), Zemun (Semlin) (3), Bazias, Dren- » kova, Orsova ; sur la Theiss : Titel, A-Becse, Szeged (Szegedin), » Szentes-Csongrad, Szolnok ; sur la Drave : Essek, Barcs ; sur » la Save : Schabatz, Breka, Brod, Sickovacz et Sisek.

» Les principaux articles de commerce international, notam- » ment pour les ports au delà de Budapest, la Theiss, le canal » de Bega, le canal François-Joseph, la Save et la Drave, sont » les céréales de tous genres et le tabac, et, pour les ports de la » Save, de grandes quantités de pruneaux secs, objet d'expor- » tation vers l'ouest par Vienne et Regensbourg. Les produits » de la meunerie, les vins, les spiritueux, le bois de chêne, les » draps, la verrerie, le fer, les objets en fer, le papier, la por- » celaine, le ciment, les machines agricoles, les eaux miné- » rales, les pierres meulières, les chaudières, les voitures et » camions, le sel, le sucre et toutes sortes de marchandises » voyagent vers l'Orient.

» Les importations d'Orient consistent en blé, pétrole, peaux, » tan et spiritueux, venant de Roumanie, pour la plupart en » transit à destination de l'Allemagne.

» Les importations affluant de la Basse Allemagne sont : le » pétrole, les graisses de toutes sortes, les huiles, le café, le fil » de jute, le bois, les couleurs pour peinture, les épices et les » produits venus par mer.

» Le tarif est équivalent à celui des chemins de fer. Il admet trois classes, outre le tarif de transport express qui se divise lui-même en deux : le tarif express ordinaire et le tarif

(1) Ou Komarom, où confluent de la Vag. *(Note du Traducteur.)*

(2) A l'angle même que forme le courant rejeté vers le sud. *(Note du Traducteur.)*

(3) Sur le fleuve, à quelques kilomètres au-dessous de Semlin, se trouve Belgrade …itale de la Serbie. Le Danube sert de frontière à l'Autriche-Hongrie et à la Serbie, de …lin à Orsova. *(Note du Traducteur.)*

» express réduit. Toutes marchandises non mentionnées spé-
» cialement dans la classification comme ressortissant au tarif
» réduit classe B sont rangées dans la classe A et sont taxées
» en conséquence, selon un barème basé sur la quantité ; dans
» la classe B, sont compris tous envois pesant au moins 1 000 kg.

» En dehors de ces trois classes, il y a des tarifs spéciaux
» pour certains ports et certaines marchandises, pour la Serbie,
» la Bulgarie, la Roumanie et la Russie ; pour le sucre, les char-
» rues, les objets en peau, la porcelaine, la bière, la verrerie,
» l'ardoise, etc. »

Dangers causés par les courants.

Depuis qu'on a réussi à enlever les « Portes », et grâce aussi à la puissance des machines en usage, on n'est que peu gêné par les courants.

Outre les sources déjà citées, les renseignements ci-dessus sont puisés dans l'*Encyclopédie Britannique* et divers volumes des *Proceedings of the Institution of Civil Engineers of Great Britain*.

XXXVII

Venise (Italie).

La ville est bâtie sur un groupe d'îles dans la mer Adriatique.

Marées.

L'amplitude moyenne est de 2,25 pieds (0,68 m); mais, par sirocco, on a vu se produire un exhaussement de 4,37 pieds (1,32 m) au-dessus du niveau moyen et, dans des conditions inverses, la dépression atteindre 4,82 pieds (1,47 m).

Chenaux.

Venise est protégée du côté de la mer par une longue langue de terre. Elle n'a pas besoin d'ouvrages de défense et ne possède qu'un ancrage avec quais et entrepôts.

Le « Canale della Giudecca », long de 1 mille un quart (2,11 km) et d'une largeur moyenne de 1 000 pieds (304 m) avec des profondeurs de 24 pieds et demi à 28 pieds (7,46 à 8,53 m) constitue la rade principale.

Le chenal actuel à travers la lagune jusqu'à Malamocco, 8 milles (12,872 km) a une largeur de 150 à 330 pieds et une profondeur moyenne de 28 pieds (8,53 m); mais, comme la distance de Venise à la mer par cette voie est très incommode, on est en train d'exécuter des travaux considérables au Lido. Le résultat sera de réunir les ports de Santo Erasmo et de Treporti en un seul chenal, large de 3 280 pieds (999,416 m) dont on compte voir la profondeur portée à 28 pieds (8,53 m) par l'affouillement naturel des eaux et qui s'étendra jusqu'à la mer entre deux jetées longues respectivement de 11 320 et de 9 350 pieds (3 449,20 et 2 848,94 m).

Courants.

La durée du reflux est beaucoup moindre que celle du flux et sa vitesse est en conséquence beaucoup plus grande. On n'a

pas encore de données bien sûres à ce sujet et la marée varie considérablement; on peut cependant évaluer approximativement la vitesse moyenne à près de 5 pieds.

Vitesse moyenne approximative dans le Canale della Giudecca :

Pieds à la seconde.	Nœuds à l'heure.	Mètres à la seconde.	Kilomètres à l'heure.
0,08	0,048	0,024	0,086

Ce qui précède est tiré des *Proceedings of the Institution of Civil Engineers of Great Britain*, années 1890-91, vol. CIV ».

Mouvement.

Statistiques commerciales pour 1902 :

	COMMERCE EXTÉRIEUR		CABOTAGE	
	NOMBRE DE NAVIRES	TONNAGE BRUT	NOMBRE DE NAVIRES	TONNAGE BRUT
Entrées	2 442	1 194 333	627	276 278
Sorties	1 989	1 080 961	1 072	386 787
Totaux . . .	4 431	2 275 294	1 699	663 065

Total général : 6 130 navires, de 2 938 359 tx de jauge brute.

Les courants sont trop faibles pour affecter la navigation en aucune manière.

XXXVIII

Fleuves et Canaux Italiens.

Les Tables suivantes, traduites du *Giornale del Genio Civil*, 1891, p. 85, dans les *Proceedings of the Institution of Civil Engineers of Great Britain*, années 1890-91, vol. V., p. 360 à 367, sont si excellemment établies que nous les donnons ci-dessous *in toto*.

TABLEAU I. — **Rivières d'Italie,** ***cours naturels et canalisés.***

RIVIÈRES	LONGUEUR TOTALE		CHENAL NAVIGABLE NORMAL								DONNÉES HYDRAULIQUES					DONNÉES COMMERCIALES		OBSERVATIONS	
			LONGUEUR		PROFONDEUR MINIMA		LARGEUR MINIMA				MAXIMUM de pente au kilom.	MAXIMUM DE VITESSE A LA SURFACE				TONNAGE maximum des bateaux	TRAFIC moyen annuel en tonnes	Quand l'eau est au niveau normal ou au-dessus, la navigation est libre	Quand l'eau est au-dessous du niveau normal, la navigation est gênée ou empêchée
							SURFACE		PLAFOND			ORDINAIRE		EN CRUE					
	milles	kilom.	milles	kilom.	pieds	mètres	pieds	mètres	pieds	mètres		pieds	mètres	pieds	mètres				
Ausa	13,64	22 »	13,64	22 »	9,84	3 »	98	30 »	65	20 »	0,06	0,59	0,18	0,82	0,25	60 »	6 600	Navigation libre toute l'année hormis quelques jours par exception	
Corno	14,88	24 »	7,44	12 »	8,20	2,5	65	20 »	65	20 »	0,05	0,56	0,17	0,82	0,25	60 »	19 360		
Stella	34,66	56 »	17,86	28,8	16,40	5 »	164	50 »	131	40 »	0,02	0,49	0,15	»	»	100 »	6 700		
Tagliamento	105,40	170 »	11,97	19,3	8,20	2,5	295	90 »	262	80 »	0,12	0,82	0,25	»	»	40 »	2 000		
Lemene	33,24	52 »	15,50	25 »	4,92	1,5	40	12 »	26	8 »	0,03	1,64	0,50	3,28	1 »	60 »	12 000		
Livenza	93,00	115 »	48,36	78 »	6,56	2 »	197	60 »	82	25 »	1 »	6,23	1,90	8,20	1,90	100 »	50 000	Navigation libre toute l'année.	
Meduna	60,76	98 »	12,40	20 »	6,00	2 »	98	30 »	82	25 »	0,60	3,15	0,96	3,94	1,20	70 »	19 000		
Noncello	11,16	18 »	5,21	8.4	3,00	0,9	65	20 »	65	20 »	0,60	2,62	0,80	»	»	70 »	26 000		
Piave	136,40	220 »	21,08	34 »	16,40	5 »	230	70 »	131	40 »	0,60	6,56	2 »	»	»	100 »	268 000		
Sile	56,46	96 »	47,74	77 »	4,92	1,5	65	20 »	40	12 »	0,30	1,77	0,54	5,05	1,54	100 »	250 000		
Brenta	107,88	174 »	7,44	12 »	3,28	1 »	185	56 »	131	40 »	0,40	1,57	0,48	6,56	2 »	70 »	5 000	Avril à Décembre	Janvier à Mars.
Bocchiglione	72,54	117 »	33,48	54 »	3,94	1,20	131	40 »	108	33 »	0,40	2,49	0,76	3,12	0.95	50 »	2 400	Libre toute l'année.	
Gorzone	34,93	56,44	34,93	56,44	4,26	1,30	46	14 »	26	8 »	0,12	1,47	0,45	»	»	30 »	9 600	Mars, Juin, Oct., Déc.	Janvier, Juillet à Sept.
Adige de la source à Legnago	254,20	419 »	80 »	129 »	2,13	0,65	328	100 »	262	80 »	1,30	8,20	2,50	16,40	5 »	75 »	en amont 700; en aval 167 000	Avril à Novembre	Janvier, Mars, Décembre
Adige de Legnago à la mer	»	»	51,46	83 »	5,94	1,80	262	80 »	223	68 »	0,238	3,94	1,20	6,23	1,90	150 »	en amont 13 840; en aval 58 000		

Mincio	44,64	72 »	13,21	21,3	0,84	3 »	124	37 »	92	28 »	0,03	1,07	0,60	»	»	175 »	en amont 17 700 en aval 106 000		
Oglio	101,70	165 »	15,50	25 »	2,62	0,80	164	50 »	131	40 »	1 »	2,95	0,90	3,94	1,20	30 »	variable		
Oglio	»	»	26,04	42 »	5,25	1,60	213	65 »	197	60 »	0,20	2,30	0,70	3,12	0,95	130 »	4 500		
Adda	100,60	260 »	16,10	25,93	2,95	0,90	164	50 »	98	30 »	2,30	14,70	4,50	Nouveau	»	36 »	30 000		Janv., Fev., Août, Déc.
Adda	»	»	6,35	10,05	2,95	0,90	»	»	»	»	2,10	13,78	4,20	chenal	»	36 »	13 000		
Adda	»	»	6,45	50,38	3,12	0,95	328	100 »	262	80 »	0,35	4,26	1,30	par crues	»	36 »	100 000		
Ticino	86,92	140,2	15 »	24,214	3,61	1,10	262	80 »	131	40 »	1,95	9,84	3,00	14,76	4,50	50 »	en amont 2 300	Août, Juin, Sept., Nov.	
Ticino	»	»	13,64	22 »	1,31	0,40	262	80 »	131	40 »	0,80	6,56	2,00	11,48	3,50	40 »	en aval 58 000		
Ticino	»	»	4,77	7,7	4,92	1,50	393	120 »	295	90 »	0,35	3,94	1,20	11,48	3,50	70 »	en amont 23 000 en aval 2 000	Avril, Juin, Sept., Nov.	
Secchia	105,40	170 »	7,32	12 »	6,56	2,00	98	30 »	82	25 »	0,25	»	»	»	»	200 »	en amont 7 500 en aval 20 000	Mai, Juin, Oct., Nov.	
Panaro	102,26	166 »	35,34	57 »	3,28	1,00	148	45 »	49	15 »	0,40	1,64	0,50	7,22	2,20	40 »	»		
Reno	136,40	220 »	24,50	39,5	6,30	1,92	115	35 »	92	28 »	0,148	3,31	1,01	4,69	1,43	6,80	1 220	Janvier à Juin	Septembre à Décembre.
Arno	153,76	248 »	65,66	106 »	4,92	1,50	328	100 »	197	60 »	0,25	1,97	0,60	2,30	1,70	20 »	120 000	Janvier à Mai, Oct. à Déc.	
Tibre	248 »	400 »	89,28	144 »	3,94	1,20	262	80 »	197	60 »	0,55	2,95	0,90	3,94	1,20	120 »	103 780		L'été.

TABLEAU II. — **Réseaux des canaux d'Italie.**

	SECTION I	SECTION II	SECTION III	SECTION IV	SECTION V	SECTION VI	SECTION VII	SECTION VIII	
	RÉSEAU VÉNITIEN (Section nord)	RÉSEAU VÉNITIEN (De Venise à Este)	RÉSEAU VÉNITIEN	Entre le Pô, l'Adige et le Mincio	Entre le Pô et les lacs Majeur et de Côme	PROVINCE D'ÉMILIE (rive droite du Pô)	TOSCANE	CAMPAGNE ROMAINE	
Longueur totale . . . . . milles. . .	39,64	59,74	68,87	122,36	92,69	127,75	36 »	115,75	
Longueur totale . . . . . kilomètres.	63,780	96,121	110,811	196,877	140,138	205,849	57,924	186,241	
								80 milles 128,720 km	35 milles 75 57,521 km
Profondeur moyenne. . . pieds . . .	6,56	6,56 à 4,26	6,56 à 3,94	4,92 à 3,94	4,92 à 2,62	4,59 à 3,28	4,59 à 3,94	3,28	11,5 à 4,92
Profondeur moyenne. . . mètres. . .	1,99	1,99 à 1,29	1,99 à 1,20	1,49 à 1,20	1,49 à 0,79	1,39 à 0,99	1,39 à 1,20	0,99	3,50 à 1,49
Largeur moyenne :									
A la surface. . . . . . . pieds . . .	39 »	52 et 33	59 et 39	65 et 39	39	46 et 23	39 et 26	26 »	98 et 42
A la surface. . . . . . . mètres. . .	11,88	15,84 et 10	17,97 et 11,88	19,80 et 11,88	11,88	14 et 7	11,88 et 7,92	7,92	29,86 et 12,70
Au plafond . . . . pieds . . .	20 »	39 et 23	49 et 24,5	56 et 29,5	29 »	23 et 16	26 et 13	16,5	78 et 33
Au plafond . . . . mètres. . .	6,09	11,88 et 7 »	14,93 et 7,46	17 et 8,98	8,83	7 et 4,87	7,92 et 3,96	5,02	23,76 et 10
Vitesse moyenne à la surface pieds à la seconde .	1,97	1,48 et 3,28	0,98 et 3,28	2,18 et 3,28	4,92	1,15 et 1,97 (1)	0,33 et 0,72	presque nulle.	
Vitesse moyenne à la surface mètres à la seconde.	0,60	0,45 et 0,99	0,29 et 0,99	0,66 et 0,99	1,49	0,35 et 0,60	0,10 et 0,21	»	
Tonnage moyen des bateaux. . . . .tx	100 »	100 »	100, une partie 50	30 »	40 »	»	20 »	»	
TOTAL MOYEN du trafic annuel . . . . t	351,000	545,000	950,000	101,000	400,000	231,000	192,000	137,000	

(1) Très sujette à l'influence des marées de l'Adriatique.

Du *Giornale del Genio Civile*, 1891, p. 85.

XXXIX

Le Canal maritime de Corinthe (Grèce).

Ce canal, terminé en 1893, unit le golfe de Corinthe, bras du golfe de Lépante, à l'ouest, à la baie de Kekhries, anse du golfe d'Égine à l'est. On l'a creusé pour permettre aux navires d'éviter les vents violents et les lames de la côte du Péloponèse et aussi pour raccourcir de 120 à 180 milles (193 à 289 km) la route du Levant.

Dimensions du Canal.

Le canal a 20 739 pieds (3,9 milles — 6,319 km) de longueur et suit une ligne absolument droite. Sa largeur au plafond est de 68,88 pieds (21 m), sa largeur au niveau de l'eau 80,68 pieds (24,6 m), sa profondeur au-dessous de la marée basse 26,24 pieds (8 m).

L'entrée ouest est entre deux jetées longues respectivement de 1 308 pieds et 1 635 pieds (398 m et 498 m), écartées de 261 pieds (80 m) à la pointe et de 1 143 pieds (350 m) à la butée.

Le port est est formé par une seule jetée.

Marées et Courants.

Les seuls vents qui aient un effet sensible dans les baies de chaque côté de l'isthme sont ceux d'est et d'ouest, et ils affectent les marées dans le golfe de Corinthe plus que dans celui d'Égine. Le maximum d'oscillation des plus fortes marées de syzygie dans le golfe de Corinthe par vents d'est et d'ouest ne dépasse guère 0,41 pied à 1,31 pied (0,12 m à 0,39 m) au-dessus du niveau moyen. Dans le golfe d'Égine, la différence de niveau en dessus ou en dessous n'est que de 0,13 pied à 0,32 pied (0,039 m à 0,09 m). Le maximum de différence de niveau entre les deux golfes n'excède donc jamais 1,63 pied (0,49 m), ce qui

donne une pente de 1/12700 ou 0,000 079, et un courant habituel vers l'ouest dont la vitesse est la suivante :

Pieds à la seconde.	Nœuds à l'heure.	Mètres à la seconde.	Kilomètres à l'heure.
1,7 à 3,3	1 à 2	0,5 à 1	1,8 à 3,6

Mouvement.

En 1894, 2 116 navires, jaugeant ensemble 242 429 tx, ont pris le canal. Les navires tirant 23,6 pieds (7,2 m) peuvent passer. La durée de la traversée est de 20 à 30 minutes.

Les données à l'aide desquelles on a établi les notes ci-dessus se trouvent dans une excellente série d'articles sur le canal de Corinthe, signés par M. Henry E. P. Cottrell, et publiés dans le journal *Engineering*, de Londres, vol. LX, année 1895.

Nous avons tiré ce qui suit d'un rapport sur le canal de Corinthe rédigé par M. Frank W. Jackson, consul des États-Unis à Patras (Grèce), à la date du 28 mars 1903.

Bien que le canal raccourcisse de plus de 130 milles (209 km) la distance entre tous les points de l'Adriatique et le Pirée, bien que les droits perçus soient modiques, il est cependant à peu près déserté par les navires étrangers. Les capitaines aiment mieux faire vingt heures de vapeur de plus et contourner la péninsule hellénique. « La raison en est, dit M. Jackson, que » la ligne de percement a été assez mal choisie. Les vents qui » font du large une mer démontée ne tombent pas à l'approche » de ce boyau. C'est comme une cheminée géante, un appel » d'air cyclopéen [la plus grande tranchée a une profondeur de » 260 pieds (79 m)] et les violents courants atmosphériques qui » s'engouffrent d'un golfe à l'autre ne sont pas de nature à » encourager le navigateur à risquer son navire entre des murailles abruptes hautes de 260 pieds (79 m) et séparées seulement par un couloir d'eau de 80 pieds (24 m).

» Il est un autre obstacle : c'est l'intervertissement du courant dû à une différence frappante entre les marées des deux » golfes (1). Mais la vraie difficulté provient des dimensions

(1) M. Cottrell n'indique pas pareille « différence frappante » entre les marées qui sont extrêmement petites sur ces côtes; et, s'il est vrai que le courant s'intervertit parfois, il est trop faible pour affecter en rien les vapeurs. *(Note de l'Auteur.)*

» mêmes du canal (1). A l'une et l'autre approche, les petits » brise-lames, tout en jouant un rôle nécessaire, contribuent, » par leur exiguité, à rendre la navigation difficile et ne sont » pas suffisants pour protéger absolument le canal. On projette » de substituer à ces barrières deux grands ports qui rendront » les approches moins hasardeuses et régulariseront dans une » large mesure le courant. »

Le plus grand navire qui ait usé du canal jusqu'ici est le croiseur italien *Giovanni Bausan*, dont la longueur est de 275 pieds (83,79 m), la largeur hors membrures de 42,6 pieds (12,98 m), le tirant d'eau de 18,4 pieds (5,59 m) et la jauge de 3 068 tx. Dans les premiers temps de l'ouverture, plusieurs grands vapeurs ont eu du mal à traverser et se sont fait quelques avaries en heurtant les parois rocheuses.

M. Cottrell estime que ce canal a été creusé 1 800 ans trop tard. Dans ces parages, dit-il, le commerce est trop peu important et trop insoucieux de rapidité pour justifier la dépense des $ 12 millions (60 millions de francs) qu'a coûtés la construction. Quoi qu'il en soit, le mouvement de navires du canal de Corinthe est aujourd'hui si faible que, comme placement d'argent, l'affaire a été bien médiocre.

Il n'est pas possible, étant donné le maximum de dénivellement entre les marées aux deux bouts du canal, de calculer une vitesse moyenne de courant de plus de 2 nœuds (3,6 km) à l'heure.

(1) Voir page 241.

XL

Le Volga (Russie).

Ce fleuve, le plus grand d'Europe, prend sa source dans les collines Valdaï. Il suit une direction générale est-sud jusqu'à la Caspienne, cette vaste mer intérieure dont l'eau, environ trois fois plus salée que celle de l'Océan, a son niveau à 84 pieds (25,59 m) au-dessous de celui de ce dernier. La longueur nord-sud de cette nappe est de 740 milles (1 190 km) à vol d'oiseau, la largeur de l'est à l'ouest de 300 à 430 milles (482 à 691 km) et la superficie d'environ 180 000 milles carrés (466 182 km²), supérieure par conséquent à celle des États de la Nouvelle Angleterre, de New-York, New-Jersey, Pensylvanie, Delaware et Maryland.

Le développement du Volga et de ses affluents navigable aux bateaux et radeaux est d'environ 14 000 milles (22 526 km).

Pour l'étude du régime de ce fleuve, nous le diviserons en secteurs dont nous indiquerons successivement les caractéristiques, puis nous résumerons les principales données hydrauliques en un tableau.

Le fleuve supérieur est, jusqu'à un point situé à environ 50 milles (80 km) au-dessous de Tver, contenu au moyen d'un barrage élevé à 90 milles (144 km) de la source. En arrière s'emmagasinent les eaux des crues qui sont lâchées lors des baisses estivales et servent à maintenir un minimum de profondeur de 2 pieds (0,60 m) sur 235 milles (378 km) en aval. C'est là un des réservoirs provisionnels les plus efficaces qui aient jamais été construits.

Avant le confluent de la Tvertsa, le débit du Volga par basses eaux d'été est de 1 100 pieds cubes (31,145 m³) par seconde.

On peut considérer que la limite de navigabilité du fleuve est à Tver ; au-dessous, la circulation à vapeur est régulière.

Conditions hydrauliques au-dessous de Tver.

1° *De Tver à Rybinsk, 235 milles (378 km).* Rybinsk est bâti au au confluent de la Scheksna. Largeur du fleuve par basses eaux

d'été : de 420 à 1400 pieds (de 127 à 426 m) ; l'eau monte au-dessus du niveau d'été de 37 pieds (11,27 m) à Tver ; 48 pieds (14,93 m) à Kaliazin, où le lit est très étroit, et de 40 pieds (12,18 m) à Rybinsk. La période des hautes eaux dure environ 60 jours à Tver et 74 jours à Rybinsk ; la navigation environ six mois. Par basses eaux à Tver, au-dessous du confluent de la Tvertsa, le débit est de 4225 pieds cubes (119,626 m³) par seconde ; il est de 15038 pieds cubes (425,785 m³) au-dessous de celui de la Mologa. En été, le dénivellement est de 146 pieds (45,48 m) en 235 milles (378 km). Il y a de 15 à 35 pouces d'eau (0,38 m à 0,8889 m) d'eau sur les bancs par basses eaux d'été ;

2° *Du confluent de la Scheksna (Rybinsk) à celui de l'Omya, 215 milles (345 km).* Dénivellement 38,5 pieds (11,73 m) ; largeur en été de 875 à 2450 pieds (de 266 à 746 m) ; crue au printemps au-dessus du niveau des basses eaux d'été, 40 pieds (12,18 m) à Rybinsk et 30 pieds (9,14 m) au confluent de l'Omya. Les profondeurs par basses eaux d'été dans les ouverts profonds ou creux vont jusqu'à 31,5 pieds (9,59 m) ; elles sont, sur les bancs, de 2 à 3 pieds (0,60 m à 0,91 m). Les eaux hautes durent 70 jours environ, la navigation environ 200 jours. A Yaroslaf, on a évalué le plus faible débit (28 septembre 1882) à 8200 pieds cubes (232,174 m³) par seconde, et le plus fort (31 mai 1881) à 88500 pieds cubes (2505,789 m³). A Plokhook, à 6,5 milles (10,458 km) en amont du confluent de l'Omya, le maximum de débit était, le 19 mai 1885, de 224000 pieds cubes (6342,336 m³) par seconde ;

3° *Du confluent de l'Omya à celui de l'Oka,* où se trouve la ville de Nijni Novgorod, 85 milles (136 km). Dénivellement 28,5 pieds (8,68 m) ; largeur du lit de 875 à 4970 pieds (de 266 à 1414 m) ; par basses eaux d'été, profondeurs sur les bancs de 3 à 6 pieds (de 0,91 m à 1,82 m) ; dans les creux 42 pieds (12,79 m). Exhaussement au printemps au-dessus du niveau d'été 30 pieds (9,14 m) près de l'Omya et 42 pieds et demi (12,94 m) à Nijni. Les eaux hautes durent de 69 à 76 jours ; la navigation six mois.

4° *Du confluent de l'Oka à celui de la Kama, 300 milles (482 700 km).* Dénivellement 81 pieds (24,68 m) ; largeur par basses eaux d'été de 1000 à 5250 pieds (de 304 à 1599 m) ; profondeurs par basses eaux d'été, sur les bancs de 7 à 21 pouces

(0 177 à 0,534 m), dans les creux 56 pieds (17,06 m). La partie la plus incommode de ce secteur se rencontre à 10 milles (16,090 km) au-dessous de Nijni où la profondeur tombe souvent à 3,5 pieds (1,06 m) et varie entre ce chiffre et 7 pieds (2,13 m) ou plus. Au printemps l'exhaussement au-dessus du niveau des eaux basses d'été est de 41,5 pieds (12,64 m) à Nijni ; 44 pieds et demi (13,55 m) à Vassilsoursk, et 43 pieds (13 m) à Kasan. Les eaux hautes durent 84 jours et la navigation 6 mois. Dans ce secteur, le maximum de vitesse de courant à la surface par les plus fortes crues est de 7,5 pieds (2,28 m) à la seconde (4,5 nœuds — 8,1 km à l'heure) et la vitesse moyenne dans les mêmes conditions de 5,125 pieds (1,66 m) à la seconde (3,07 nœuds — 5,526 km à l'heure). Par les plus basses eaux, le maximum de vitesse à la surface est de 1,6 pied (0,48 m) à la seconde, (0,96 nœud — 1 728 m à l'heure) et, par eaux basses moyennes, de 2,66 pieds (0,79) à la seconde (1,6 nœud — 1 880 m à l'heure).

5° *Du confluent de la Kama à Czaritzin, 70 milles (1 236 km).* Dénivellement en été, 164,5 pieds (50,12 m) : largeur en été, de 1 750 à 7 840 pieds (432 à 1 382 m). Quand les eaux sont hautes, les rives basses sont inondées. Le chenal se déplace constamment. Exhaussement au printemps au-dessus du niveau des basses eaux d'été, 45 pieds (13,71 m) au confluent de la Kama, 52 pieds (15,84 m) à Markvash à 40 milles (64,360 km) en amont de Samara, 49 pieds (14,93 m) à Samara, 66,5 pieds (20,62 m) au pont de chemin de fer Alexandre à 65 milles (104,585 km) en aval de Samara, 46 pieds et demi (14,16 m) à Saratov et 37 pieds et demi (11,42 m) à Czaritzin. Les eaux hautes durent 93 jours au confluent de la Kama, 103 à Samara, 92 au pont de chemin de fer Alexandre, 98 à Saratov, 85 à Kamishin et 100 à Czaritzin. La navigation se prolonge pendant 200 à 210 jours. Maximum de profondeur par basses eaux 7,7 pieds (2,34 m). Généralement et au plus bas niveau d'été, les vaisseaux tirant 4 bons pieds (1,21 m) peuvent descendre et ceux tirant 6 pieds (1,82 m) remonter.

6° *De Czaritzin à la mer Caspienne, 395 milles.* Dénivellement l'été, 64 pieds et demi (19,65 m) ; exhaussement au printemps 37 pieds et demi (11,42 m) à Czaritzin, 28 pieds et demi (8,68 m) à Evotaevsk, 13 pieds trois quarts (4,18 m) à Astrakan et 10 pieds (3,04 m) à l'île de Bastia. La navigation dure 220 jours à Czaritzin et 270 à Astrakan. Les largeurs par basses eaux varient de

Le Volga. Données hydrauliques.

SOURCE	DISTANCE de la SOURCE		DISTANCE ENTRE		PENTE par basses eaux	PROFONDEUR par BASSES EAUX		LARGEUR par BASSES EAUX		EXHAUSSEMENT au-dessus du niveau des basses eaux en temps de crue		DURÉE des crues	DURÉE de la navigation	MAXIMUM DE VITESSE A LA SURFACE							
														BASSES EAUX D'ÉTÉ				EAUX LES PLUS HAUTES AU PRINTEMPS			
	milles	kilom.	milles	kilom.		pieds	mètres	pieds	mètres	pieds	mètres			pieds à la seconde	nœuds à l'heure	mètres à la seconde	kilom. à l'heure	pieds à la seconde	nœuds à l'heure	mètres à la seconde	kilom. à l'heure
Tver.	275	442,475	275	442,475	0,00017	2	0,60	»	»	37	11,27	60	»	»	»	»	»	»	»	»	»
Rybinsk.	510	820,590	235	378 »	0,000118	1 1/4-3	0,38-0,91	420-1400	127-426	40	12,18	74	180	0,63	0,4	0,19	0,680	4,5	2,7	1,35	4,9
Confluent de l'Omya	725	1166,525	215	345 »	0,00003	2-3	0,60-0,91	875-2450	266-746	30	9,14	69	200	»	»	»	»	»	»	»	»
Nijni-Novgorod. . .	810	1303,290	85	136 »	0,00006	3-6	0,91-1,82	875-4970	266-1414	42 1/2	12,94	76	180	1,6	0,96	0,48	1,7	7,5	4,5	2,35	8,1
Confluent de la Kama	1 110	1785,990	300	482,700	0,00005	3 1/2-7	1,06-2,13	1000-3250	304-1599	45	13,71	93	200-210	»	»	»	»	»	»	»	»
Samara	1 384	2226,856	274	440,866	0,00004	4-6	1,21-1,82	1750-7840	432-1382	49	14,93	103	»	»	»	»	»	»	»	»	»
Saratov	1 605	2582,445	221	355,589	0,00005	»	»	»	»	46 1/2	14,16	98	»	1,9	1,1	0,57	2 »	7 »	4,2	2,1	7,4
Kamishin	1 750	2815,445	145	233,305	0,000039	»	»	»	»	»	»	85	»	»	»	»	»	»	»	»	»
Czaritzin.	1 860	2992,740	110	176,990	0,000031	»	»	»	»	37 1/2	11,42	100	240	Il n'existe pas d'observations faites avant 40 milles							
Tchorny Yar	1 990	3201,910	130	209,170	0,000045	»	»	1525-7840	464-2388	»	»	»	»	en amont d'Astrakan (sommet du Delta), où les vi-							
Evotaevsk	2 073	3335,457	83	133,547	0,000027	»	»	»	»	28 1/2	8,68	»	»	tesses sont de :							
Astrakan.	2 170	3491,530	97	156,073	0,000027	»	»	»	»	13 3/4	4,18	»	270	1,28	0,71	0,35	1,3	6 »	3,6	1,8	6,5
Mer Caspienne . . .	2 255	3628,295	85	136,765	0,000018	»	»	»	»	10	3,04	»	»	et au grand maximum				7 »	4,2	2,1	7,6

MOYENNE DE PENTE PAR EAUX BASSES : 0,000064.

1 525 à 7 840 pieds (de 464,66 m à 2 388,84 m). Le delta du Volga commence à 40 milles (64,360 km) en amont d'Astrakan ou 270 milles (434,430 km) en aval de Czaritzin.

A Evotaevsk, sommet du delta, le maximum de vitesse à la surface en temps de crue est de 7 pieds (2,13 m) par seconde (4,2 nœuds — 7,560 km à l'heure) avec un débit de 942 500 pieds cubes (26 686,945 m^3) par seconde. Par basses eaux d'été, le maximum de vitesse à la surface varie entre 0,86 et 1,7 pied (0,25 m et 0,51 m) par seconde (0,5 à 1 nœud = 900 à 1 800 m à l'heure), avec débits respectifs de 71 000 et 161 500 pieds cubes (2 010,294 m^3 à 4 572,711 m^3) par seconde.

Dans le chenal principal, on maintient par basses eaux la profondeur à 8 pieds (2,43 m) au moyen de dragages. On est en train de la porter à 14 pieds (4,26 m) avec les puissantes dragues hydrauliques que le gouvernement russe a mises sur le fleuve, et dont une bonne description illustrée a été donnée par MM. de Timonoff et L.-W. Bates, au 7e Congrès International de Navigation *(quod vide)*.

Après être entrés dans la Caspienne à 85 milles (136,765 km) d'Astrakan, les vapeurs ont à traverser une distance de 18 milles (28,962 km) de mer au large de l'embouchure avec seulement 9 pieds (2,74 m) d'eau; l'immense quantité d'alluvions apportées par le fleuve a engorgé la mer. Après ce passage les vapeurs à faible tirant transbordent sur les vapeurs à grand tirant de la mer Caspienne.

Les vents, d'ailleurs, abaissent souvent la profondeur à 5 pieds (1,52 m) ou la portent à 14 pieds (4,26 m).

La Caspienne n'a pas de marées appréciables.

Mouvement.

Le Volga est la plus grande voie navigable de Russie et le tonnage annuel de son commerce est immense. En 1887, le total s'en élevait à plus de 8 250 000 t évaluées à $ 160 millions (800 millions de francs), sans compter 47 272 radeaux qui avaient descendu le fleuve. Le transport se fait par vapeurs à aubes, vapeurs à roue arrière et chalands remorqués à la vapeur. Les dimensions de ces chalands varient de 320 pieds sur 40 (94 m sur 12) portant 2 100 t et plus, à 70 pieds sur 28 (21 m × 8,50 m), proportions des plus petits qui jaugent 1 600 tx. Leur tirant d'eau varie de 2 pieds 8 pouces à 7 pieds (0,79 m à 2,13 m)

pour le voyage en amont; pour la descente, il atteint fréquemment 8 pieds 2 pouces (2,50 m). A la montée, ils sont tirés par des remorqueurs à vapeur; ils descendent généralement au fil de l'eau. Les plus grands vapeurs à aubes latérales pour le transport des marchandises ont 285 pieds (86,83 m) de long sur 40 pieds (12,18 m) de large, et un tirant d'eau de 4 pieds 1 pouce (1,23 m) à vide et de 6 pieds 6 pouces (1,94 m) en chargement. Leur force vapeur est de 400 ch. Les plus grands vapeurs à voyageurs ont 287 pieds (87,44 m) de long sur 35 pieds (10,65 m) de large et une force de 500 ch.

Les courants ne causent aucune difficulté.

Les sources des renseignements qui précèdent sont : l'Encyclopédie Britannique, les rapports consulaires spéciaux et une série d'articles sur le Volga parue dans le journal *Engineering* de Londres, vol. LXIV, année 1897.

XLI

Canal de Suez (Asie Mineure).

Ce canal perce l'Isthme de Suez et réunit la Méditerranée à la mer Rouge. Sa longueur est de 87 milles (139,976 km), dont un quart à travers des lacs. A l'origine, sa largeur au plafond était de 72 pieds (21,93 m), à la surface 196 pieds (59,71 m) ; sa profondeur de 26 pieds un quart (7,99 m) au-dessous du niveau moyen de la Méditerranée. Il n'a pas d'écluses. L'inauguration a eu lieu le 17 novembre 1869. On est en train (1905) de porter la profondeur à 31 pieds (9,44 m) au-dessous du niveau moyen de la Méditerranée et la largeur au plafond à 108 pieds (32,90 m).

Marées.

Les « Tables des marées » du C. G. S. donnent l'échelle suivante pour Port-Saïd (sur la Méditerranée) et Suez (sur la mer Rouge).

	Marée moyenne		Grande marée		Morte eau		Équinoxe	
	Pieds	Mètres	Pieds	Mètres	Pieds	Mètres	Pieds	Mètres
Port-Saïd	0,7	0,21	1 »	0,30	0,3	0.0914	0.7	0,21
Suez	5 »	1,52	6,8	2,07	2,8	0.85	7,4	2,25

Niveaux.

Les chiffres indiqués ci-contre pour les deux bouts du canal par rapport au niveau moyen de la mer sont extraits des *Proceedings of the Institution of Civil Engineers*, années 1866-67, vol. XXVI. Ils sont nécessaires à la compréhension des causes des courants du canal

Extrémité sur la Méditerranée.

	Dénivellement. Pieds	Dénivellement. Mètres
Pleine mer. — Marée extraordinairement haute et violent vent du nord.	+ 1,985 =	0,60
Grande marée d'équinoxe avec fort vent du nord.	+ 1,492 =	0,45
Grande marée d'équinoxe sans vent. . . .	+ 0,572 =	0,17
Niveau moyen	»	»
Mer basse. — Grande marée d'équinoxe sans vent	— 0,870 =	0,26
Grande marée d'équinoxe, violent vent du sud	— 1,362 =	0,41
Grande marée d'équinoxe extraordinaïrement basse, avec vent violent du sud.	— 1,624 =	0,49

Extrémité sur la mer Rouge.

	Pieds	Mètres
Pleine mer. — Marée extraordinairement haute avec violent vent du sud.	+ 5,24 =	1,59
Grande marée d'équinoxe avec fort vent du sud	+ 4,54 =	1,37
Grande marée d'équinoxe sans vent.	+ 5,53 =	1,68
Grande marée	+ 2,78 =	0,84
Morte eau	+ 1,47 =	0,44
Niveau moyen	»	»
Mer basse. — Morte eau	— 1,155 =	0,35
Grande marée	— 2,467 =	0,75
Grande marée d'équinoxe sans vent.	— 3,222 =	0,98
— — — avec fort vent du nord.	— 4,63 =	1,41
Marée extraordinairement basse avec violent vent du nord.	— 5,37 =	1,63

Les pentes qui résultent de ces divergences disparaissent virtuellement dans les Lacs Salés.

On avait prévu que le courant entre la mer Rouge et les Lacs Salés serait d'environ 3 pieds (0,91 m) par seconde (1,8 nœud — 3,240 km à l'heure) et entre les Lacs Salés et la Méditerranée de

0,5 pied (0,15 m) par seconde (0,3 nœud — 540 m à l'heure) en tant que causé par le dénivellement de la mer Rouge, et de 1,5 à 2 pieds (0,45 m à 0,60 m) par seconde (0,9 à 1,2 nœud — 1620 à 2160 m à l'heure) en tant que causé par le dénivellement de la Méditerranée.

Courants.

Nous citons ci-dessous un passage d'un chapitre sur le canal de Suez qui se trouve dans le *Civil Engineering* (1) de Patton :

« Il y a largement assez de courant causé par les marées et » l'évaporation qui se produit à la surface et tend à causer un » écoulement venant de l'une ou des deux mers.

» On évalue la plus forte évaporation journalière à 250 mil- » lions de pieds cubes (7 078 500 m³). Ce volume peut être faci- » lement fourni par l'une ou l'autre mer, mais spécialement par » la mer Rouge [plus rapprochée des Lacs Salés dont la superficie » est de 100 000 acres (40 467 ha)], qui a un dénivellement de » 6 pieds (1,82 m) par grandes marées et de 2 pieds (0,60 m) » par marées de morte eau (2), tandis que celui de la Méditer- » ranée est beaucoup moindre (3). Mais on s'est aperçu que de » mai à octobre les vents causent un exhaussement de niveau » à Port-Saïd (4) et une dépression à Suez (5); la différence va » jusqu'à 15,5 pouces (0,393 m), ce qui tend à créer un courant » de la Méditerranée vers la mer Rouge. Bien qu'interrompu » par les marées, il y a un écoulement d'un volume considérable » du nord au sud. En hiver, les vents exhaussent le niveau de » la mer Rouge de 12 pouces (0,30 m) au-dessus de celui de la » Méditerranée, d'où un écoulement du sud au nord. »

Ces courants locaux varient de 0,5 à 1,3 pied (0,15 m à 0,39 m) par seconde entre Port-Saïd et le lac Timsah, et, dans la partie plus large entre Suez et les Lacs Salés, le courant est de 2 à 3,6 pieds (0,60 m à 1,09) par seconde.

(1) Le *Génie Civil*, par Patton, le constructeur du Palais de Cristal.

(2) Les « Tables des marées » du C. G. S. donnent 6,8 pieds (2,07 m) et 2,8 pieds (0,85 m) comme chiffres correspondants. *(Note de l'Auteur.)*

(3) 1 pied (0,30 m) et 0,3 pied (0,09 m) respectivement. *(Note de l'Auteur.)*

(4) Extrémité sur la Méditerranée. *(Note de l'Auteur.)*

(5) Extrémité sur la mer Rouge. Voir plus haut le paragraphe sur les niveaux. *(Note de l'Auteur.)*

	PIEDS à la SECONDE	NŒUDS à L'HEURE	MÈTRES à la SECONDE	KILOM. à L'HEURE	OBSERVATIONS
De Port Saïd au lac Timsah. . .	0,5 à 1	0,3 à 0,8	0,15 à 0,4	0,5 à 1,4	Courants locaux.
Des Lacs Salés à Suez	2 à 3,6	1,2 à 2,2	0,6 à 1,1	2,2 à 4 »	— —
De Port Saïd aux Lacs Salés . .	1,7	1 »	0,5	1,8	Max. de courant de marée.
Des Lacs Salés à Suez	3,3	2 »	1 »	3,6	— —
Maximum de vitesse par fort vent .	4,3	2,6	1,3	4,7	Maximum dans le canal.
— — au reflux .	1,8	1,1	0,55	2,4	
Maximum de vitesse.	5,0	3 »	1,5	5,4	

Extrait des *Proceedings of the Institution of Civil Engineers*, vol. CXXXI.

Mouvement.

Ces chiffres sont tirés du numéro 20 des Documents du Sénat Américain, 58e Congrès, 1re Session.

NOMBRE DE NAVIRES	DÉPLACEMENT	JAUGE BRUTE	ANNÉE
3 441	13 699 237	9 738 152	1900
3 699	15 163 233	10 823 840	1901
3 708	15 694 359	11 248 413	1902

Sont compris les vaisseaux de guerre et transports, dont le nombre a été en 1902 de 122, jaugeant brut 180 831 tx.

Depuis le 1er janvier 1902, le maximum de tirant d'eau permis aux navires dans le canal est de 8 m (26,40 pieds). Le maximum de tirant d'eau, auquel l'entrée soit accordée a été porté de 25,6 pieds (7,80 m) en 1890, à 26,3 pieds (8 m) en 1902, année au cours de laquelle 69 navires de ce creux ont passé dans le canal.

La moyenne de temps de traversée pour tous les vaisseaux qui se sont servis du canal a été de 18 heures 32 minutes en 1900.

La navigation n'éprouve pas de difficultés du fait des courants.

XLII

Delta du Gange (Bras Hooghly, Inde).

Le delta du Gange résille entre le bras oriental ou Meghuà et le bras occidental ou Hooghly (Hùgli) et consiste en une quantité de chenaux dont le plus important, au point de vue de la navigation, est le bras Hooghly (Hùgli) sur lequel est situé Calcutta, à 90 milles (144,810 km) au-dessus de l'embouchure.

Marées.

L'échelle ci-dessous est tirée des tables de marées du C. G. S.

	Marée moyenne		Grande marée		Morte eau		Équinoxe	
	Pieds	Mètres	Pieds	Mètres	Pieds	Mètres	Pieds	Mètres
Dublat, bras Hooghly. .	10,0	3,04	14,0	4.26	5.1	1.55	9.4	2.86
Port Diamant — . .	11,4	3,47	15.9	4.84	5,8	1,76	10,5	3,19
Calcutta — . .	8,1	2,46	11,2	3,41	4,4	1,34	7,5	2,28

La marée se fait sentir jusqu'à 181 milles (291 km) de l'embouchure du Hooghly pendant la saison sèche, et jusqu'à 141 milles (226 km) pendant les crues.

Chenaux.

Lors des grandes marées, il y a, à basse mer, un maximum de profondeur de 7 brasses (42 pieds — 12,79 m) et un minimum de 3 brasses un quart (20 pieds — 6 m) à Calcutta. Au-dessus de Calcutta, le Hooghly est sinueux. Le minimum de rayon est de 6000 pieds (1828 m). Dans le bras Mutla, la profondeur est de 2 brasses (12 pieds — 3,65 m) au minimum et de 14 brasses (84 pieds — 25,59 m) au maximum.

A Calcutta, la largeur du Hooghly est de 800 yards (2400 pieds — 731 m) et va en augmentant graduellement jusqu'à atteindre

1 800 yards (5 400 pieds — 1 645 m) à l'embouchure. Entre Calcutta et l'estuaire, le Hooghly n'a presque nulle part moins de 20 pieds (6,09 m) de profondeur par les plus basses mers pendant la saison sèche. Dans le chenal de l'estuaire, la profondeur est parfois réduite, en un ou deux endroits, à un minimum de 22 pieds environ (6,70 m) à pleine mer, par les plus basses marées de morte eau.

Le débit du Gange est, en temps de crue, de 1 800 000 pieds cubes (50 965 m³) par seconde et, en temps ordinaire, de 207 000 pieds cubes (5 860 m³). La plus longue durée des crues est de 40 jours. Le débit du Hooghly est, en temps de crue, de 650 000 pieds cubes (18 404 m³) par seconde (environ un tiers du débit total du fleuve), et, pendant la saison sèche, de 20 000 à 50 000 pieds cubes (566 m³ à 1 415,700 m³).

Courants.

Dans un mémoire lu au Septième Congrès international de Navigation, M. L.-F. Vernon-Harcourt déclare que les vitesses des courants de marée dans le Hooghly sont les suivantes :

		Pieds à la seconde	Nœuds à l'heure	Mètres à la seconde	Kilomètres à l'heure
Saison sèche.	flux . .	5,9 à 10,3	3,5 à 6.2	1,75 à 3,1	6,3 à 11,2
	reflux .	10.3	6,2	3.1	11.2

On trouve dans les *Proceedings of the Institution of Civil Engineers*, années 1861-62, vol. XXI, les indications de vitesses suivantes pour les bras Hooghly et Mutla :

	Pieds à la seconde	Nœuds à l'heure	Mètres à la seconde	Kilomètres à l'heure
Hooghly :				
Chenal de mer :				
Maximum. Grande marée. Reflux. . . .	3,3 à 5	2 à 3	1 à 1.5	3,6 à 5,4
— Morte eau . Reflux	1,7 à 2.5	1 à 1.5	0.5 à 0.75	1,8 à 2,7
Dans le bras : parfois	11,7 à 13,3	7 à 8	3,5 à 4	12,6 à 14,4
Mutla jusqu'à Cattalee :				
Grande marée. Flux	7	4,2	2,1	7,6
Morte eau. Flux.	3,3	2,0	1,0	3,6

On dit que pendant la mousson du nord-est, une vague de marée haute de 5 pieds (1,52 m), monte et dépasse Calcutta à raison de 4,4 milles à 8 milles et demi (7 km à 13 km), à l'heure.

Mouvement.

Les statistiques commerciales ci-dessous s'entendent de Calcutta, année 1902. On n'a pas de données sur le cabotage.

Entrées, jauge brute	1 376 319 tx
Sorties, — —	1 041 626 tx
Total	2 417 945 tx

de jauge brute faisant le commerce extérieur.

Dangers de navigation.

La navigation présente des difficultés dans le Hooghly à marée basse, à cause des nombreux bancs. Pendant la mousson, aucun navire n'essaie d'entrer à cause de l'énorme vitesse du courant de marée.

Mers Britanniques. Vitesses des courants de marée.

A cause de l'extrême importance de ces mers au point de vue commercial, vu que c'est par elles que passent tout le commerce de la Grande-Bretagne et une grande partie de ceux de la France, de la Hollande et de l'Allemagne, à cause aussi de l'ampleur des dénivellements des marées sur la côte anglaise et de l'action singulière des courants qui en résultent, infléchis comme ils le sont par la multitude des îles et des impasses, on se livrera ici à une étude attentive de ces courants.

Nous sommes à même de le faire, grâce à l'excellence des données qui nous ont été fournies, sur l'introduction courtoise de MM. Hawkshaw et Dobson, Ingénieurs civils, de Londres, par l'Amirauté anglaise, et qui se trouvent indiquées sur une série de cartes intitulées : *Courants de marées dans la Manche et la mer d'Irlande; Courants de marées, côtes d'Ecosse; Courants de marées, mer du Nord; Courants de marées, îles de la Manche.*

Notre intention est de définir la vitesse de ces courants simultanément tout autour des îles britanniques, en commençant par la pleine mer à Douvres, et en prenant ensuite chaque heure après. En présentant ces indications sous forme de tableau, nous mettrons en même temps sous les yeux du lecteur les maxima moyens de vitesse aux différents points.

Dans ce tableau, les vitesses sont chiffrées en nœuds à l'heure. Quand il n'y a qu'un chiffre, il signifie la vitesse soit par grande marée, soit par morte eau; *me* veut dire morte eau, *g*, grande marée, et *m*, marée moyenne. Les expressions telles que 1 — 2 signifient une vitesse de 1 nœud à l'heure par morte eau et 2 nœuds à l'heure par grande marée. Le nœud est considéré comme de 6000 pieds. Les en-têtes de colonnes ont les significations suivantes : P M veut dire pleine mer à Douvres, + 1 veut dire une heure après la pleine mer à Douvres; + 2, deux heures après la pleine mer à Douvres, etc. ; — 5 veut dire cinq heures avant la pleine mer à Douvres; — 4, quatre heures avant la pleine mer à Douvres. Les vitesses indiquées sont le maximum moyen pour chaque localité.

Le barème ci-dessous rendra facile la conversion des nœuds à l'heure en pieds par seconde, mètres par seconde, ou kilomètres à l'heure.

Barême de Conversion.

NŒUDS A L'HEURE	PIEDS PAR SECONDE	MÈTRES PAR SECONDE	KILOMÈTRES A L'HEURE
0,25	0,42	0,12	0,45
0,5	0,83	0,25	0,9
1 »	1,67	0,50	1,8
1,5	2,5	0,75	2,7
2 »	3,33	1 »	3,6
2,5	4,17	1,25	4,5
3 »	5 »	1,50	5,4
3,25	5,42	1,62	5,8
3,5	5,83	1,75	6,3
4 »	6,67	2 »	7,2
4,25	7,08	2,12	7,6
4,5	7,50	2,25	8,1
5 »	8,33	2,50	9 »
5,25	8,75	2,62	9,4
6 »	10 »	3 »	10,8
7 »	11 67	3 50	12,6
8 »	13 33	4 »	14,4
9 »	15 »	4 50	16,2
10 »	16 67	5 »	18 »

Vitesses des courants de marées dans les Mers Britanniques.

Pour chaque heure, en commençant par celle de la pleine mer à Douvres, en nœuds (6 000 pieds — 1 800 m) à l'heure.

	P. M.	+ 1	+ 2	+ 3	+ 4	+ 5	+ 6	— 5	— 4	— 3	— 2	— 1
Pas-de-Calais	1 - 3	1 - 4	1 - 5	1 1/2-4 1/2	1 - 3 1/2	0 - 2	1/2 - 1 1/2	1 - 3	1 - 5	2 - 4	1 - 3 1/2	1 - 2
Au large du Havre (France)	1/2 - 1	1 - 2	1 - 2 1/2	2 - 3	2 - 3 1/2	1/2 - 1	0 - 1	1 - 2 1/2	2 - 3 1/2	1 1/2-3 1/2	1 - 2	1/2 - 1 1/2
Par le travers sud de Guernesey	3 g	2 1/4 g	1 1/2 g	3 g	3 1/2 g	3 1/2 g	3 g	1 3/4 g	1 1/4 g	2 1/2 g	1 1/2 g	3 g
Entre Guernesey et Alderney	1 1/2 m	1 3/4 m	1 m	3 g	3 3/4 g	3 g	2 1/2 m	2 m	3 1/4 g	4 g	2 g	1 1/2 m
Entre Guernesey et Jersey	1 1/2 g	3 g	4 1/2 g	3 g	1 3/4 g	1 - 1 3/4	1 - 2	3 g	4 g	2 1/4 g	1 1/2 - 3	1/2 - 3/4
Au sud de Jersey	1 3/4-2 1/4	1 - 1 3/4	1/2 - 1	1 3/4 m	2 - 3 1/2	4 1/4 g	2 g	1 - 1 1/4	1/4 - 1 1/4	2 1/2 g	2 1/2 g	1 1/2-2 1/2
Par le travers nord de Jersey	2 1/2 g	2 g	2 1/2 g	2 g	2 1/2 g	2 1/2-3 1/4	2 1/2 g	1 3/4 g	2 g	2 g	1 3/4-2 3/4	3 g
Entre Jersey et la France	1 g	1 1/4 g	1 1/2 g	3 g	4 1/2 g	4 g	2 g	2 1/2 g	3 g	3 3/4 g	3 1/4 g	2 1/4 g
Entre Aurigny et le cap de la Hague	2 1/2 me	4 1/2 me	6 g	5 g	2 1/4 me	2 g	3 1/4 me	4 3/4 me	5 1/4 me	4 me	2 1/2 g	1/2 me
A l'ouest de Guernesey	1 g	3 g	4 g	4 g	1 1/2 g	3/4 g	1 1/2 g	2 1/2 g	3 1/4 g	2 g	1 1/4 g	1/2 g
Par le travers de l'île de Wight (Manche)	1/2 - 1 1/2	2 - 4 1/2	2 1/2 - 4	2 1/2-4 1/2	1 - 2 1/2	1 - 2	1/2 - 1 1/2	1 - 3	2 - 3 1/2	1 1/2 - 3	1 - 2	0 - 1/2
Par le travers du phare Eddystone	1/2 - 1	1/2 - 1 1/2	1 1/2-2 1/2	0 - 1	0 - 1/2	1/2 - 1	1 - 2	1/2 - 1	1 - 2	étale	étale	0 - 1
Canal de Bristol	2 - 3 1/2	1/2 - 2 1/2	1 - 2	2 - 4	3 - 5	2 1/2-4 1/2	2 - 4	1 - 3	1 - 2	2 - 4	3 - 5	2 - 4 1/2
Canal Saint-George	1 - 2	2 - 3	2 1/2 - 5	2 - 5	2 - 4	1 - 2	1/2 - 2	2 - 3	2 - 5	2 - 4	2 - 3	1 - 2 1/2
Mer d'Irlande, par le travers de Holyhead	1 - 2	1 - 3	2 - 4	2 - 4	2 - 4	1 - 2 1/2	étale	2 - 3	2 - 5	2 - 4	2 - 4	1 - 2
Mer d'Irlande, par le travers de Belfast	0 - 1 1/2	1 - 3	2 - 4	2 - 5	2 - 4	1 - 2	étale	2 - 4	2 - 4	2 - 4	1 - 2	1/2 - 1 1/2
Canal du Nord, entre l'Irlande et le Mull de Cantyre	étale	1 - 3	2 - 4	2 - 4	2 - 4	2 - 3	1/2 - 1 1/2	2 - 3	2 - 4	2 - 4	2 - 4	1 - 2 1/2
Golfe de la Clyde	0 - 1	1 - 2	1 - 2 1/2	2 - 3	1 - 2 1/2	1/2 - 1	1/2 - 1	1 - 2	1 - 2	1 - 2 1/2	2 - 3	1 - 2
Little Minch, entre Skye et les Hébrides	2 - 3	2 - 4	2 - 3	1 1/2-2 1/2	1 - 2	1 - 2	2 - 3	2 - 4	2 - 4	2 - 3	étale	1 - 2
Golfe de Pentland	2 - 4	3 - 4	4 - 7	5 - 9	6 - 8	4 - 7	3 - 5	2 - 3	5 - 7	6 - 10	6 - 10	4 - 7
Entre les Orcades et les Shetland	1 - 3	3 - 5	3 - 6	3 - 7	3 - 6	3 - 5	2 - 4	2 - 4	3 - 6	4 - 7	4 - 6	2 - 4
Golfe du Forth	1/2 - 1 1/2	1/2 - 1 1/2	0 - 1 1/2	1/2 - 1 1/2	0 - 1 1/2	1/2 - 1 1/2	1/2 - 1	0 - 2	1/2 - 2	1/2 - 1 1/2	1/2 - 1	1/2 - 1
Mer du Nord, par le travers de Newcastle-sur-Tyne	0 - 1	étale	1/2 - 1	1/2 - 1 1/2	1/2 - 1 1/2	1 - 2	1/2 - 1	étale	0 - 1/2	1/2 - 1	1/2 - 1	1/2 - 1
Mer du Nord, par le travers du Wash	1/2 - 2 1/2	1 - 2	1 - 2	1/2 - 1 1/2	1/2 - 2 1/2	1 - 2	1/2 - 2	1 - 2	1 - 2	1 - 2	1 - 2	1 - 2
Mer du Nord, embouchure de la Tamise	1 - 3	1/2 - 2	1 - 2	1/2 - 2 1/2	1 - 3	1 1/2 - 3	1/2 - 2 1/2	1/2 - 1 1/2	0 - 1	1/2 - 1 1/2	1/2 - 2 1/2	1 - 3
Mer du Nord, embouchure de l'Elbe	1/2 - 1	étale	0 - 1/2	1 - 2	1 - 3	2 - 4	1 - 2 1/2	étale	0 - 1	1 - 2 1/2	2 - 3	1 - 2
Mer du Nord, embouchure du Weser	1/2 - 1	étale	1/2 - 1	1/2 - 1 1/2	1/2 - 1 1/2	1 - 2	1/2 - 1	0 - 1/2	—	1/2 - 1 1/2	1 - 2	1/2 - 1 1/2
Mer du Nord, embouch. de la Meuse, chenal de Rotterdam	—	1/2 - 1	1 - 2	0 - 1	étale	1/2 - 1	1 - 2 1/2	1 1/2 - 3	1 - 2	0 - 1/2	0 - 1/2	—

Vitesses des courants de marées dans les mers anglaises,
moyennes des maxima de vitesse observés aux époques indiquées. Établi d'après les cartes de l'Amirauté.

PARTIE DE LA MER	EMPLACEMENT	ÉTAT DE LA MARÉE	VITESSES DES MARÉES				OBSERVATIONS
			PIEDS à la seconde	NŒUDS à l'heure	MÈTRES à la seconde	KILOMÈTRES à l'heure	
Détroit de Douvres (Pas-de-Calais)	Entre Douvres et Calais.	Grande marée. Morte eau.	8,33 2,50	5 » 1,50	2,50 0,75	9 » 2,70	»
Iles normandes.	Au large du Havre.	Grande marée. Morte eau.	5,83 3,33	3,50 2 »	1,25 1 »	6,30 3,60	»
	Par le travers sud de Guernesey.	Grande marée. Morte eau.	5,83 »	3,50 »	1,25 »	6,30 »	»
	Entre Guernesey et Aurigny.	Grande marée.	6,67	4 »	2 »	7,20	»
	Entre Guernesey et Jersey.	Grande marée.	6,67	4 »	2 »	7,20	Parfois 7 nœuds par grand vent.
	Au sud de Jersey.	Grande marée.	7,08	4,25	2,12	7,60	»
	Au nord de Jersey et au large.	Grande marée. Morte eau.	5,47 4,17	3,25 2,50	1,62 1,25	5,80 4,50	»
	Entre Jersey et la France.	Grande marée.	7,50	4,50	2,25	8,10	»
	Entre Alderney et le cap de la Hague.	Grande marée. Morte eau.	10 » 8,75	6 » 5,25	3 » 2,67	10,80 9,40	»
La Manche.	Par le travers de l'île de Wight.	Grande marée. Morte eau.	7,50 4,17	4,50 2,50	2,25 1,25	8,10 4,50	»
	Par le travers du Phare Eddystone.	Grande marée. Morte eau.	3,33 1,67	2 » 1 »	1 » 0,50	3,60 1,80	»
Canal de Bristol	Près de l'embouchure de la Severn.	Grande marée. Morte eau.	8,33 5 »	5 » 3 »	2,50 1,50	9 » 5,40	»
[illegible]		Grande marée.	8,33	5 »	2,50	9 »	

Mer d'Irlande	Au large de Belfast.	Grande marée.	8,33	4 »	2,50	7,20	»
		Morte eau.	3,33	2 »	1 »	3,00	
Canal du Nord	Entre l'Irlande et le Mull de Cantyre.	Grande marée.	6,67	4 »	2 »	7,70	»
		Morte eau.	3,33	2 »	1 »	3,00	
Embouchure de la Clyde.	»	Grande marée.	5 »	3 »	1,50	5,40	»
		Morte eau.	3,33	2 »	1 »	3,60	
Little Minch	Entre Skye et les Hébrides.	Grande marée.	6,67	4 »	2 »	7,70	»
		Morte eau.	3,33	2 »	1 »	3,60	
Firth de Pentland. . . .	Entre la côte nord de l'Écosse et les Orcades.	Grande marée.	16,67	10 »	5 »	18 »	Remous violents la plupart du temps.
		Morte eau.	10 »	6 »	3 »	10,60	
Mer du Nord	Entre les Orcades et les Shetland.	Grande marée.	11,67	7 »	3,50	12,60	Chenal très orageux et dangereux.
		Morte eau.	6,67	4 »	2 »	7,20	
	Firth de Forth.	Grande marée.	3,33	2 »	1 »	3,60	»
		Morte eau.	0,83	0,50	0,25	0,90	
	Au large de Newcastle sur Tyne.	Grande marée.	2,50	1,50	0,75	2,70	»
		Morte eau.	0,83	0,12	0,25	0,90	
	Au large du Wash.	Grande marée.	4,17	2,50	1,25	4,50	»
		Morte eau.	1,67	1 »	0,50	1,80	
	Embouchure de la Tamise.	Grande marée.	5 »	3 »	1,50	5,40	»
		Morte eau.	2,50	1,05	0,75	2,70	
	Embouchure de l'Elbe.	Grande marée.	6,67	4 »	2 »	7,20	»
		Morte eau.	3,33	2 »	1 »	3,60	
	Embouchure du Weser.	Grande marée.	3,33	2 »	1 »	3,60	»
		Morte eau.	1,67	1 »	0,50	1,80	
	Bouches de la Meuse, canal de Rotterdam.	Grande marée.	5 »	3 »	1,50	5,40	»
		Morte eau.	2,50	1,50	0,75	2,70	

INDEX ALPHABÉTIQUE

CHRONIQUE

N° 320.

SOMMAIRE. — Les moyens de transport et le commerce du monde. — Nouvelles applications de la tourbe et des produits des forêts. — Les automates. — Nouveaux emplois de l'électricité. — Le commerce et l'industrie au Chili. — L'industrie du zinc en Belgique.

Les moyens de transport et le commerce du monde. — Le Bureau de Statistique du Département du Commerce et du Travail des États-Unis a publié, sous le titre que nous donnons ci-dessus, un rapport dont il nous parait intéressant de reproduire les conclusions.

Le développement des systèmes de transport, qui permet au producteur de l'intérieur d'un pays de se mettre en communication directe avec le consommateur placé à l'intérieur d'un autre pays, est l'œuvre d'un nombre relativement restreint d'années. Il existe encore beaucoup de personnes qui ont vécu à une époque où il n'y avait pas un kilomètre de chemin de fer et un navire à vapeur traversant l'Océan. Aujourd'hui, le monde compte sur terre 885 000 km de chemins de fer, et sur mer 6 millions de tonneaux de navires à voiles et 18 millions de tonneaux de navires à vapeur.

Au début du dernier siècle, la marine à voiles comptait 4 millions de tonneaux, la marine à vapeur n'existait pas et les chemins de fer non plus. Au milieu du même siècle, il y avait 11 millions de tonneaux de navires à voiles, 1 million de tonneaux de navires à vapeur faisant la navigation maritime et 38 500 km de chemins de fer. En 1880, le tonnage des navires à voiles s'élevait à 14,5 millions, celui des navires à vapeur de mer à 6 et la longueur des chemins de fer à 360 000 km. Depuis cette époque, la marine à vapeur a pris un développement tel qu'en 1905 son tonnage est, comme on l'a vu plus haut, le triple de celui de la marine à voiles, 18,5 millions de tonneaux contre 6, et la longueur des chemins de fer est arrivée au chiffre de 885 000 km dont 350 000, soit les 40 centièmes, forment la part des États-Unis.

Le développement des voies ferrées s'est, jusque dans ces derniers temps, concentré dans la zone tempérée, c'est-à-dire l'Europe, les États-Unis, le Mexique et le Canada en Amérique, bien que le Japon dans l'Extrême-Orient et l'Inde dans les régions tropicales, présentent déjà des réseaux de chemins de fer très importants. La ligne transsibérienne est encore la seule voie de communication par terre entre l'Europe et l'est du continent asiatique, et les chemins de fer de l'Australie ne desservent que la côte est et ouest avec quelques embranchements pénétrant dans l'intérieur. En Afrique, les colonies anglaises de la partie méridionale sont assez bien desservies, et la ligne projetée du Cap au Caire fait des progrès, plus de la moitié de la longueur étant déjà en exploitation.

L'Amérique du Sud a encore beaucoup à faire, les chemins de fer n'existant guère d'une manière un peu importante que dans l'est du Brésil, le nord de la République Argentine, le Chili, le Paraguay et l'Uruguay.

Les États-Unis sont en tête pour la longueur actuelle et la rapidité du développement des chemins de fer. Sur le total de 860 000 km qui existaient dans le monde en 1904, on en comptaient 340 000 aux États-Unis, 56 000 en Russie, 53 000 en Allemagne, 45 000 en France, 43 000 dans l'Inde, 39 000 en Autriche-Hongrie, 36 000 dans le Royaume-Uni, 32 000 au Canada, 25 000 en Afrique, 22 500 en Australie, 19 000 dans la République Argentine, 16 500 au Mexique, 16 000 en Italie, 15 000 au Brésil, 12 400 en Suède, 11 700 en Sibérie, Mandchourie et autres possessions russes en Asie, 7 500 au Japon et 1 800 en Chine.

Ce n'est qu'en 1835 que la longueur des chemins de fer en exploitation aux États-Unis a atteint le chiffre de 1 000 milles, soit 1 610 km, en 1850 cette longueur était passée à 14 500, en 1860 à 50 000 et en 1865 à 58 000. La longueur a plus que doublé dans la décade qui s'est écoulée de 1865 à 1875 où le total atteignait 121 000 km. En 1885, on comptait 206 000 km, en 1895 291 000, en 1900 312 000, et enfin, en 1905, 370 000 km; nous avons, bien entendu, arrondi tous ces chiffres. D'après le *Manuel de Poor*, la valeur totale des chemins de fer des Etats-Unis peut être estimée à l'énorme somme de 59 milliards de francs et celle des chemins de fer du monde entier à celle de 185 milliards.

Le tonnage total de la marine du monde, en ne comptant que les navires de plus de 100 tx, est estimé, d'après le *Lloyd's Register* à 6 millions de tonneaux pour la marine à voiles et 18,5 millions de tonneaux pour la marine à vapeur. Sur ce total de 24,5 millions, 11, soit presque la moitié, représentent le tonnage du Royaume-Uni et de ses colonies, 3,25 celui des Etats-Unis, 1,3 celui de la Norvège, 1,2 celui de la France et un demi-million pour chacun des pays : Russie, Suède, Espagne, Pays-Bas, Japon, etc.

En contraste frappant avec le rapide et énorme développement des chemins de fer aux Etats-Unis, se trouve celui de la marine marchande américaine, très lent. Le tonnage au long cours des États-Unis était, en effet, en 1855, de 2 350 000 tx, en 1875 de 1 515 000, en 1895 de 822 000 et en 1905 de 944 000 tx. Si l'on considère le cabotage, on trouve les chiffres suivants : 2 540 000 tx en 1855, 3 220 000 en 1875, 3 730 000 en 1895 et 5 440 000 en 1905, de sorte que le tonnage total de la marine des Etats-Unis, comprenant les navires faisant le long cours, le cabotage et même la grande pêche, a seulement passé de 5 210 000 tx en 1855 à 5 480 000 en 1905.

Les prix de transport ont également baissé dans une large mesure, t[illegible] sur terre que sur mer. Ainsi, le prix du transport du boisseau de fr[illegible]nent de Chicago à New-York a passé, par lacs et canaux, de 1,33 f e[illegible] 1865 à 0,235 f en 1905, et par lacs et chemins de fer de 1,45 f en 1868 à [illegible]25 f en 1905; enfin, par chemin de fer seul, de 2,30 f en 1866 à 0,55 f e[illegible] 1905. Pour la même marchandise, bien que les prix de transport s[illegible]ent sujets à de grandes fluctuations, il y a eu un abaissement n[illegible]able, surtout dans ces dernières années. En 1873, le boisseau de fro-

ment était transporté de New-York à Liverpool pour 0,55 f, en 1875 pour 0,45, en 1885 pour 0,20, en 1895 pour 0,15 et enfin, en 1905, pour 0,05 à 0,06 f.

Pendant la dernière année pour laquelle on possède des statistiques, les chemins de fer des États-Unis ont transporté 720 millions de voyageurs et 1 300 millions de tonnes de marchandises contre 351 millions de voyageurs et 437 millions de tonnes de marchandises en 1885, les rapports de ces nombres donnent l'augmentation en près de vingt ans soit 2,05 pour les voyageurs et 3 pour les marchandises.

L'étroite relation qui existe entre le développement du commerce et celui des moyens de transport est mise en lumière d'une manière éclatante par ce fait qu'en 1800, alors que la marine marchande n'avait que 4 millions de tonneaux entièrement représentés par des navires à voiles, le commerce mondial ne s'élevait qu'au chiffre de 7,5 milliards de francs. Aujourd'hui, avec 885 000 km de chemins de fer et 24 millions de tonneaux de navires mis à sa disposition pour ses transports, le commerce international du monde s'élève au chiffre fantastique de 112,5 milliards de francs ; il a donc augmenté, depuis 1800, dans le rapport de 1 à 15. On voit donc quelle influence les moyens de transport créés et développés au cours du dernier siècle ont eue sur la production et les échanges ; si on considère que la population n'est aujourd'hui que 2 1/2 fois ce qu'elle était en 1800, on trouve que la moyenne des transactions s'est élevée depuis cette époque, par tête, de 12,50 à près de 70 f, soit dans le rapport de 1 à 5,6.

Nouvelles applications de la tourbe et des produits des forêts. — On travaille depuis quelques années très activement, en Allemagne, la question de l'utilisation de la tourbe et du bois, et on cherche à trouver de nouveaux emplois pour ces produits.

Le bois a été depuis longtemps remplacé comme combustible par la houille, mais il a trouvé des applications dans d'autres ordres d'idées ; on peut citer, par exemple, le xylolithe ou ciment de bois, formé de sciure agglomérée avec de la magnésie et qu'on emploie dans les constructions. La tourbe sert de combustible et a reçu récemment d'autres applications dans la fabrication des tissus, du papier et du carton ; on est arrivé récemment à faire avec de la tourbe du bois artificiel qui a des qualités précieuses au point de vue de l'incombustibilité.

On emploie aussi la tourbe comme combustible en la transformant en gaz dans des gazogènes spéciaux, mais la forme la plus récente sous laquelle on l'applique au chauffage a été inventée par le docteur comte de Schwerin dont les brevets ont été acquis par les Höchster Farbwerke à Höchst-sur-le-Mein. Cette invention porte sur la transformation de la tourbe en un produit appelé osmon.

On sait que la grande difficulté dans l'emploi de la tourbe est dans la ténacité avec laquelle elle retient l'eau qui est dans la proportion de 85 à 90 0/0. En appliquant un courant électrique de 10 à 12 kilowatts par mètre cube de tourbe brute, on réduit cette proportion à 65 à 70 0/0, et un séchage à l'air la réduit ensuite à 15, en donnant à la tourbe l'aspect du lignite. Cette matière peut se casser en morceaux et il n'est plus

besoin de la transformer en briquettes qui conservent une grande fragilité et se consument rapidement. La puissance calorifique de l'osmon est supérieure à celle du bois et est à peu près égale à celle du lignite. On peut aussi transformer l'osmon en coke. L'osmon est un combustible très économique et sa fabrication se recommande surtout pour les pays qui ont des forces hydrauliques qu'on peut employer à la production de l'électricité. Il y a là, on peut le faire remarquer, un exemple curieux de l'utilisation des forces naturelles à la production de la chaleur.

On a aussi récemment appliqué la tourbe à la fabrication des tissus; on en fait des matières non conductrices avec lesquelles seul le liège peut lutter, et encore celui-ci est inférieur parce qu'il a moins de résistance que la tourbe ; celle-ci est composée de cellules qui renferment de l'air stagnant et constitue un isolant idéal.

La tourbe a d'ailleurs une texture intime qui rend son traitement facile et n'exige pas les méthodes et les appareils qui sont nécessaires avec les autres matières textiles, ce qui lui permet de conserver entièrement ses qualités naturelles qui, pour beaucoup d'autres, se trouvent plus ou moins altérées par les manipulations qu'elles ont à subir. Ses propriétés d'absorption, de faible densité et de conductibilité, etc., permettent d'en faire des couvertures pour les hommes et les animaux, des tapis, du papier, du carton, etc.

Il y a déjà longtemps qu'on emploie le bois pour la fabrication du papier, mais les méthodes ont été bien perfectionnées depuis quelques années. Par le procédé Kellner-Turk, on obtient des fils de 30 000 m de longueur avec de la cellulose au sulfite ou carbonate de soude. A Altdamm, près de Stettin, on fait des tissus avec des fils extraits du bois de sapin. Ces fils se vendent sous le nom de licella, et bien qu'ils soient inférieurs aux fils de coton, leur qualité a été grandement améliorée par l'addition de 1 à 2 0/0 de viscose. Des étoffes faites avec des fils de licella et trame en coton sur 1,40 m de largeur, coûtent 1,55 f le mètre, ce qui permet d'obtenir un costume au prix de 12,50 f.

Une autre industrie très florissante est la fabrication de la soie artificielle qui a déjà remplacé la soie de cocons pour certains emplois, parce que si elle n'a pas tout à fait la solidité de celle-ci, elle possède plus de lustre et de facilité à recevoir la teinture.

Dans la fabrication de la soie artificielle, on a cherché à imiter l'action du ver ; de même que celui-ci exprime la matière constitutrice de la soie par deux ouvertures de sa bouche, de même la cellulose est refoulée par deux petits trous et enroulée en forme de cocon. Dans la préparation chimique de la cellulose, on se sert de collodion, et on peut rappeler à ce sujet que, dans la fabrication moderne des explosifs, on ne se sert plus de coton, mais bien de cellulose provenant du bois. Le docteur Lehner, le premier inventeur de la soie artificielle, a travaillé plusieurs années pour trouver le moyen de conjurer les dangereuses propriétés explosives du collodion. Les procédés primitifs du docteur Lehner, avec des améliorations diverses, ont conduit aux méthodes Pauly par lesquelles on fabrique à Elberfeld des poils et de la paille artificiels pour la confection des chapeaux.

Un des plus récents produits provenant de la cellulose de bois est la viscose, préparée dans diverses usines et notamment dans les Kunstseid und Azetatwerke, à Sydowsaue, près Stettin, appartenant au prince Henckell de Donnersmark. En traitant la viscose par une solution ammoniacale, on obtient une substance plastique à laquelle on a donné le nom de viscoid ; on s'en sert pour la fabrication d'une foule d'objets d'usage courant.

Un autre produit obtenu de la viscose par un traitement à l'acide acétique est désigné en allemand sous le nom de « zellulosetetrazetat ». Il est encore d'un prix assez élevé qui l'empêche de se répandre ; on en fait des fils qui ont toutes les qualités de la soie naturelle.

Le docteur Max Muller, directeur de la fabrique de Sydowsaue, a établi les prix relatifs du bois et des divers produits qui en sont dérivés, prix qu'on trouve dans un article du professeur Otto N. Witt, de Berlin, sur la soie artificielle.

1. Un mètre cube de bois pesant de 400 à 500 kg coûte en forêt	3,50 f.
2. Le même mètre cube vendu comme combustible. . . .	7,00
3. Traité par la soude et transformé en cellulose, il représente 150 kg valant.	35,00
4. Cette quantité de cellulose transformée en papier vaut de 50 à.	60,00
5. La même transformée en fil pour remplacer le jute ou le coton, vaut de 60 à.	120,00
6. Transformée en crin artificiel de cheval.	1 700,00
7. Transformée en soie artificielle	3 600,00
8. Traitée par l'acide acétique et à l'état de soie artificielle pour usages spéciaux	6 000,00

Un emploi important du bois est dans sa distillation, dont les principaux produits sont l'acide acétique, la méthylamine, l'acétone et le charbon de bois.

MM. Buhler et Fischer, chimistes spéciaux en matière de distillation du bois, ont calculé qu'en comptant de 6,25 à 7,50 f pour un mètre cube de bois de hêtre, on peut réaliser un profit de 15 à 20 0/0 sur un capital de 350 000 à 375 000 francs employé dans cette industrie. Les plus importantes fabriques dans cette branche se trouvent en Allemagne, Autriche et Suisse ainsi qu'en Suède, tandis qu'en Amérique et en Hongrie on ne fait que les matières brutes extraites de la distillation.

On peut encore signaler comme applications récentes, l'extraction du sucre et de l'alcool du bois. Le docteur Roth, de Breslau, a étudié des procédés qu'il expérimente actuellement sur une grande échelle et dont les patentes appartiennent à l'Internationale Spiritus Industrie Gesellschaft de Berlin. Cette méthode est basée sur l'action lente d'acides minéraux très étendus sur la cellulose, combinée avec une pression considérable et une certaine élévation de température ; cette action est suivie d'une oxydation énergique par l'ozone. Le docteur Roth obtient ainsi de 100 kg de sciure de bois 15 à 17 l d'alcool à 80 0/0 ; en employant l'eau oxygénée, la production est portée, paraît-il, à 24 l.

Auparavant Simonson avait obtenu dans ses expériences 1,5 l d'alcool et Classen 3. Le coût de l'alcool absolu par la méthode de Roth ne s'élèverait qu'à 10 ou 12 ou au plus 15 centimes le litre alors que l'alcool de pommes de terre ou de grains ne descend pas au-dessous de 35 centimes.

Ce procédé comporte donc un progrès considérable si on considère l'énorme débouché que représente l'emploi de l'alcool pour les petits moteurs. Il semble qu'on puisse espérer des profits très élevés pour cette industrie.

Si on applique cette méthode, non plus à la production de l'alcool, mais à celle du sucre, les résultats sont encore bien plus beaux, et un des avantages est que la fabrication peut se faire dans des usines d'importance relativement faible au lieu d'exiger de très grandes usines comme avec la betterave.

En résumé, des divers procédés nouveaux que nous avons indiqué ci-dessus, trois paraissent avoir une importance considérable : la production de l'osmon avec la tourbe, celle du sucre et de l'alcool avec le bois et les méthodes les plus récentes d'utiliser le bois de hêtre.

Ce qui précède est résumé d'un article du supplément du *Scientific American*. Dans un numéro subséquent de ce journal est insérée une lettre du professeur Dr Classen, d'Aix-la-Chapelle, auteur d'une méthode d'extraction de l'alcool du bois qui a été mentionnée dans l'article. Ce savant expose que la partie concernant cette extraction est reproduite du cours du professeur Wislicenus à l'école forestière de Tharandt, en Allemagne. Or, ce professeur, dans une conférence récente, a reconnu avoir été mal renseigné sur divers points de cette fabrication. Le procédé Classen, indiqué comme ne donnant que 3 l d'alcool par 100 kg de sciure de bois, en donne de 12 à 14. Quant au procédé Roth, il n'aurait pas encore fonctionné industriellement et le rendement indiqué pour lui n'aurait été obtenu que dans des essais de laboratoire. La lettre contient en outre une discussion de priorité de brevets dans laquelle nous n'avons pas à entrer.

Les automates. — Les automates construits par Vaucanson sont bien connus, mais ceux dont nous allons parler le sont moins. Si ces appareils ne se réclament pas de la mécanique industrielle, ils n'en sont pas moins des chefs-d'œuvre de mécanique et, à ce point de vue, il nous paraît intéressant de reproduire l'article suivant de l'*Impartial de la Chaux-de-Fonds* sur les automates des Jacquet-Droz, fameux mécaniciens neuchâtelois du XVIIIe siècle, automates merveilleux qui, présentés dans toutes les cours d'Europe, y firent sensation.

Pierre Jacquet-Droz, né à la Chaux-de-Fonds en 1721, manifesta dès son bas âge des aptitudes sérieuses pour l'étude. Ses parents l'envoyèrent à l'Université de Bâle apprendre la théologie. Lorsqu'il eut passé son examen de proposant, il fit un long séjour dans son pays et, voyant sa sœur occupée d'horlogerie, il s'associa à son travail. Doué d'une adresse remarquable, il réussit à merveille et finit par renoncer au ministère. En peu de temps, le théologien devint un excellent horloger. Enhardi par les premiers résultats de ses travaux, il abandonna les procédés connus pour réaliser ses propres idées. Dès lors il agrémenta

les simples pendules de carillons ou de jeu de flûtes, quelquefois d'un canari artificiel qui sortait d'une cage en chantant avec des mouvements si naturels de la tête et des ailes qu'on avait peine à croire qu'il ne fut pas vivant. Il se voua dès lors spécialement à l'horlogerie artistique et à la fabrication des automates.

Une de ses pendules marchait pendant un temps prolongé, sans qu'il fut besoin de la remonter. Une autre pendule répondait, sans qu'on y touchât, à la question : « Quelle heure est-il ? » On pense que le souffle de l'interlocuteur suffisait, par une délicate combinaison, à faire mouvoir le mécanisme. Une autre pendule encore montre les heures, les minutes et les secondes. Le centre du cadran indique la course du soleil à travers le zodiaque, les quatre saisons et les différentes phases de la lune, en concordance parfaite avec ses révolutions. Le cadran s'éclaire au moment de la pleine lune et les étoiles paraissent et disparaissent en temps voulu.

Sur un firmament artificiel, le cadran se couvre de nuages si le temps est pluvieux ou s'éclaircit s'il est beau. Aussitôt que l'heure a sonné, un carillon se fait entendre : il joue neuf mélodies différentes auxquelles répond un écho. Une dame, assise sur un balcon, tenant un livre à la main, accompagne la musique du geste et du regard, prend de temps en temps une prise de tabac et s'incline vers ceux qui ouvrent la porte de verre de la pendule. Le carillon fini, un canari chante huit airs. Il est posé sur la main d'un enfant dont les gestes expriment l'admiration.

Un berger vient à son tour jouer de la flûte et deux enfants dansent en rond. Tout à coup un des enfants se jette à terre, afin de faire perdre l'équilibre à l'autre et se tourne vers le spectateur en montrant du doigt son compagnon. Près du berger, un agneau bêle de temps en temps et un chien s'approche de son maître pour le caresser et surveiller une corbeille de pommes. Si quelqu'un la touche, il aboie jusqu'à ce qu'on ait remis le fruit en place.

Tous ces ouvrages sont malheureusement à l'étranger, où ils se payaient plus cher qu'au pays ; l'un d'eux est à Madrid. Jacquet-Droz était allé dans cette ville vers le milieu de l'avant-dernier siècle, à l'instigation de milord Maréchal, gouverneur de Neuchâtel. On raconte à ce sujet l'anecdote suivante :

Jacquet-Droz présenta une de ses pendules au roi Ferdinand VI qui en fut tellement ravi qu'il lui paya ses frais de voyage et lui offrit cinq cents louis d'or. Le roi rassembla ses courtisans afin de leur montrer son acquisition. Parmi les automates qui accompagnaient la pendule, se trouvait un berger jouant de la flûte et un chien gardant une corbeille de fruits : « Le chien, dit Jacquet-Droz, est aussi fidèle que bien dressé; que Votre Majesté veuille bien le mettre à l'épreuve en touchant à l'un des fruits de la corbeille. » Le roi voulut prendre une pomme, mais aussitôt le chien se lança sur sa main en aboyant d'une façon si naturelle qu'un braque se trouvant dans l'appartement y répondit de toutes ses forces. Les courtisans crurent à un sortilège et s'enfuirent en se signant ; il ne resta plus que le roi et le ministre de la marine. Ce dernier demanda au berger l'heure qu'il était ; comme celui-ci ne répondait pas, Jacquet-Droz fit en souriant la remarque que le berger ne

connaissait probablement pas encore l'espagnol et pria Son Excellence de lui adresser la question en français. La question fut répétée dans cette langue et le berger répondit aussitôt. Effrayé, le ministre s'empressa de quitter le cabinet du roi. A la suite de cette séance, l'artiste neuchâtelois, qui craignait d'être emprisonné par l'Inquisition et brûlé comme sorcier, pria le roi de faire venir le grand inquisiteur. Jacquet-Droz démonta la pendule devant lui, pièce à pièce, lui fit voir tous les ressorts et lui expliqua chaque rouage. Il est permis de croire que l'inquisiteur n'y comprit pas grand'chose ; toutefois il attesta publiquement qu'il ne se trouvait aucune magie dans cet ouvrage entièrement mû par des moyens naturels.

Pierre Jacquet-Droz eut un fils, Henri-Louis, né à la Chaux-de-Fonds en 1752. Le père commença l'instruction de l'enfant et l'envoya ensuite à Nancy achever ses études de physique, de mathématiques, de musique et de dessin. Il se lia avec l'abbé de Servan, le célèbre géomètre et mathématicien ; cette amitié dura toute leur vie.

De retour à la Chaux-de-Fonds, Henri-Louis partagea les travaux de son père, qu'il surpassa bientôt. Leurs œuvres se succédèrent dès lors avec rapidité et la renommée des artistes s'étendit si loin que le fermier général La Regnière, qui avait un fils manchot, leur commanda des mains artificielles. Le mécanisme était si parfait que le jeune homme put exécuter la plupart des mouvements dont il avait été privé jusqu'alors.

Sans énumérer toutes les merveilles créées par les deux Jacquet-Droz, avec la coopération de leur ami et compatriote Leschot, nous nous bornerons à décrire leurs pièces capitales, trois automates dont la perfection dépassa tout ce qui a été jamais fait en ce genre. Ce sont la « Musicienne », le « Dessinateur » et l' « Écrivain ».

Une jeune femme assise au clavecin exécutait avec dextérité, sans qu'on la touchât, plusieurs morceaux de musique. Le dessinateur, assis sur un tabouret, faisait au crayon des dessins qu'il commençait à esquisser correctement et qu'il ombrait ensuite. De temps en temps il soulevait la main comme pour mieux examiner son ouvrage, corrigeait quelque chose et soufflait la poussière du crayon.

Henri-Louis, ayant été à Versailles, montra au roi ses automates. Le jeune garçon dessina, au grand ébahissement de toute la cour, les portraits du roi et de la reine de France.

Le « Dessinateur » de Jacquet-Droz n'était cependant pas la plus remarquable des œuvres créées par l'inépuisable génie de cet artiste. Qu'on en juge par l' « Écrivain » assis devant un pupitre isolé, sans contact avec personne : il trempait lui-même sa plume dans l'encrier et écrivait sous la dictée, lentement il est vrai, mais distinctement et correctement. Chaque mot occupait la place convenable, à distance voulue du précédent. Lorsqu'une ligne était finie, il en recommençait une nouvelle, en laissant entre elles l'espace libre nécessaire. Les mouvements des yeux, des bras et des mains étaient admirablement imités ; on pouvait même interrompre l'écrivain ; il s'arrêtait au milieu d'un mot si on le lui demandait et en écrivait un autre.

Quelle exactitude de calculs, quelle étonnante complication de ressorts,

de rouages, de leviers ne fallait-il pas pour parvenir à faire écrire chaque lettre de l'alphabet. Le moyen dont se servait Jacquet-Droz pour arriver à ce résultat est, jusqu'à présent, resté inconnu.

Les courtisans, les savants, les plus habiles mécaniciens même ont vainement cherché à pénétrer ce mystère, car il va sans dire que le jeune garçon n'ecrivait qu'en présence de Jacquet-Droz, ce qui implique l'idée d'une action exercée à distance par ce dernier. On a supposé qu'il se servait d'un aimant caché dans ses souliers ou dans ses habits ; cette idée a été suggérée par l'habitude qu'il avait de se promener de long en large, de se tourner tantôt d'un côté tantôt de l'autre pendant que l'automate écrivait. On voulut essayer d'agir en sens inverse, au moyen d'autres aimants de grande puissance ; les seigneurs de la cour en cachèrent dans leurs habits et s'efforcèrent, par leurs attitudes et leurs mouvements, de troubler le jeu de l'appareil, mais ce fut en vain ; l'automate écrivait avec la même exactitude.

Les trois chefs-d'œuvre de Jacquet-Droz, la musicienne, le dessinateur et l'écrivain, lui valurent d'immenses succès en Europe. Longtemps après, malgré l'absence de celui qui les faisait mouvoir, ils furent admis à l'Exposition de Paris en 1825 et plus tard à Neuchâtel. Il résulte de la création de ces œuvres capitales que d'autres créations des mêmes artistes, aussi ingénieuses quoique d'apparences plus modestes, sont restées presque inconnues.

Au nombre de ces œuvres distinguées et cependant ignorées du public, nous citerons une grande pendule représentant une scène champêtre. Un paysan et son âne sont en marche et reviennent à la maison avec un chargement de farine. Une vache paît dans la prairie, son veau gambade auprès d'elle en faisant des sauts d'une maladresse plaisante ; des chèvres forment un groupe à l'entrée d'une grotte ; au premier plan se trouve un jardin, avec une volière remplie d'oiseaux. Les troupeaux bêlent, les oiseaux gazouillent, le berger joue de la flûte et les bergères dansent.

Le croirait-on ? On ne trouve plus aujourd'hui dans notre pays un seul de ces chefs-d'œuvre, pas même un de ces jolis oiseaux qui volaient en chantant dans la chambre et furent cependant fabriqués en nombre considérable par ces artistes ; ils ont presque tous pris le chemin de Constantinople.

Le rude climat des montagnes étant contraire à sa santé, Jacquet-Droz se fixa à Londres, mais il n'y resta pas longtemps et s'établit à Genève, avec son ami Leschot, en 1789. Sa bonté était aussi grande que son génie ; la ville, en reconnaissance de touchants actes de bienfaisance, lui conféra le droit de bourgeoisie.

Son père avait dû, lui aussi, quitter La Chaux-de-Fonds pour cause de santé. Il fixa son domicile à Bienne, où il mourut en 1790 ; le fils ne lui survécut pas longtemps ; atteint d'une maladie de poitrine, il se rendit à Naples et y mourut l'année suivante, à peine âgé de trente-neuf ans.

La lecture de l'article que nous venons de reproduire, du *Moniteur de l'Industrie et de la Construction*, nous a donné l'idée de faire quelques recherches sur ce sujet. La partie du *Traité de mécanique appliquée aux arts*, de Borgnis (Paris 1820), consacrée aux machines qui imitent les

fonctions des corps animés, entre dans d'assez grands détails sur les oiseaux chantants et les automates de Vaucanson, notamment le canard, le flûteur et le joueur de tambourin, mais cet ouvrage ne fait aucune allusion aux automates de Jacquet-Droz, qui devaient pourtant être connus à l'époque où écrivait Borgnis. On peut se demander si la musicienne, le dessinateur et l'écrivain, dont il a été question plus haut, ne rentraient pas dans la catégorie des *pseudo-automates* dont un des plus connus est le joueur d'échecs de Kempelen, construit en 1776 (1). Dans ce genre d'appareils, c'est un enfant caché dans la base qui fait le travail attribué à l'automate. Il s'agit ici des automates qu'on pourrait appeler automates raisonnants ; pour les autres appareils décrits ci-dessus, les ressources de la mécanique paraissent suffire à leur fonctionnement.

Nouveaux emplois de l'électricité. — Le développement des applications de l'électricité est réellement surprenant. Non seulement celle-ci a envahi les domaines occupés précédemment par les autres formes de l'énergie, mais elle a créé elle-même de nouveaux champs d'emploi. On en trouve un intéressant exemple dans l'économie domestique, où on n'avait guère songé à introduire les moyens mécaniques avant le développement de l'électricité. Le premier pas a été la lumière électrique, puis est venu le ventilateur électrique et la mise en mouvement de la machine à coudre. Depuis quelques années, l'attention s'est portée sur le chauffage par l'électricité. Les appareils pour chauffer l'eau et le lait sont devenus courants dans la chambre des enfants et dans celles des malades, et le coussin chauffé électriquement à des températures facilement réglables a entièrement remplacé les boules à eau chaude. Les fers à friser, les allume-cigares, les réchauds pour les plats sont des exemples de l'emploi du courant électrique appliqué aux usages intérieurs. Les fers à repasser ne se trouvent plus seulement dans les cuisines et les lingeries ; le voyageur s'en sert pour faire disparaître les plis pris dans les malles par le linge et les vêtements ; les dames y ont recours pour des objets de toilette, tels que dentelles, etc., qu'elles ne veulent pas confier aux soins problématiques des blanchisseuses. Les fers électriques sont employés dans les ateliers de tailleurs de toute classe et il n'est point jusqu'aux ingénieurs et architectes qui n'en fassent usage pour redresser les plans et reproductions par la lumière.

Une des plus récentes nouveautés dans cet ordre d'idées est la machine à sécher les cheveux. Elle comporte une boîte contenant des bobines de résistance et un ventilateur électrique ; ce dernier refoule dans la boîte l'air qui s'échauffe au contact des résistances à telle température qu'on veut lui donner. Un tube flexible le prend à la boîte et le conduit où il est nécessaire. On peut facilement traiter en une heure les cheveux de douze personnes au prix de 5 centimes par tête.

La cuisine offre un champ étendu d'applications pour l'électricité, on ne compte plus les appareils proposés pour les réaliser. On fait des fourneaux électriques du plus joli aspect qu'on met en feu en touchant

(1) Le joueur d'échecs, présenté vers 1825 par Maelzel, ne serait, dit-on, que l'automate de Kempelen, restauré par l'habile mécanicien-inventeur du *métronome*.

le bouton d'un commutateur et qu'on éteint de même dès qu'on a fini de s'en servir. On réalise une importante économie parce qu'on n'a plus à le maintenir allumé comme les fourneaux à combustible solide et on obtient un avantage considérable sur le fourneau à gaz, parce qu'il n'est plus besoin d'y mettre le feu et qu'on n'a aucune odeur du fait des grils électriques, qui cuisent un beefsteak de dimension moyenne au prix de 10 centimes.

Le restaurant électrique contient au centre de la salle une estrade sur laquelle est le fourneau bien en évidence. Le cuisinier fait son ouvrage tout en causant avec les clients, car il n'y a à craindre ni coup de feu, ni émission de fumée, ou de suie ou de cendres. Un ventilateur aspire dans une hotte l'odeur des objets soumis à la cuisson. Un poulet est rôti en un quart d'heure et une côtelette d'agneau grillée en trois minutes. La rapidité de l'action retient le jus dans la viande.

On n'a pas encore tiré tout le parti possible de l'électricité dans le domaine de la cuisine. Celle-ci peut être considérée comme l'atelier de la maison et c'est là qu'on peut le plus avantageusement supprimer la main-d'œuvre. Une cuisine bien ordonnée devrait avoir un ventilateur pour refroidir l'air et enlever toutes les odeurs; elle serait munie de petites installations réfrigérantes pour éviter le transport et la manipulation de la glace, et posséder quantité d'appareils pour remplacer le travail animé, tels que lavage des assiettes dans un panier à clairevoie plongé dans l'eau bouillante qu'un moteur électrique fait circuler rapidement. Cette opération se répète trois fois et un ventilateur électrique la termine par une dessiccation; le tout ne demande que quelques minutes. Les couteaux sont nettoyés et aiguisés entre des cylindres auxquels un moteur électrique imprime un mouvement rapide de rotation. Le rôle du courant électrique ne se borne pas aux opérations de nettoyage. On l'emploie pour hacher les légumes, pour peler les pommes de terre au moyen d'appareils très ingénieux. Il n'est pas douteux qu'un avenir très prochain ne voie la suppression du travail animé s'effectuer à peu près complètement dans les cuisines bien ordonnées.

Le *Scientific American*, dans lequel nous trouvons ces renseignements, les illustre de figures intéressantes empruntées, dit-il, aux catalogues de la Compagnie Edison, de New-York, et de la Compagnie Siemens-Schuckert, de Berlin.

Le commerce et l'industrie au Chili. — Le Chili occupe une position géographique peu favorable et est le pays le plus difficilement accessible, pour l'Europe et les États-Unis, des parties de l'Amérique du Sud. Il est situé entre le versant occidental des Andes et l'océan Pacifique et a une longueur de 3200 km sur une largeur moyenne de 320 kilomètres.

Le Chili est à la fois une contrée minière et agricole. Sa population est d'environ 3 millions d'habitants, dont plus de la moitié s'occupe de la culture du sol. Celui-ci produit de grandes quantités de céréales, du vin, des légumes et se prête à l'élevage de nombreux chevaux, bestiaux, moutons, etc.

D'un autre côté, les richesses minérales du Chili se composent de gisements d'or, d'argent, de cuivre, manganèse, fer, cobalt, plomb, houille, nitrate de soude, borax, soufre, etc. Mais la production manufacturière est des plus limitées, tous les articles de consommation viennent d'Europe.

On trouve dans le sud du pays d'immenses étendues de forêts vierges qui produisent des bois d'excellente qualité, parmi lesquels on peut citer le cyprès, le laurier et des essences appelées « lingue » et « rauli ».

Le métal le plus abondant est le cuivre dont, en 1903, il a été produit 36 600 tonnes, d'une valeur de 36 millions de francs. Mais on emploie dans cette industrie, pour l'extraction et le traitement du minerai, des méthodes primitives qui limitent beaucoup la production et l'introduction d'appareils et de méthodes modernes amènerait des résultats beaucoup plus avantageux.

On estime pour la même année la production de l'or à 3 millions, de l'argent à 2 125 000 f, du plomb à 15 000 f, du manganèse à 1 125 000 f, du cobalt à 165 000 f, de l'iode à 2 760 000 f, du borax à 4 millions, du sel à 500 000 f, du soufre à 550 000 f, de la houille à 13 millions et enfin du nitrate de soude à 23 millions de francs. On voit que c'est le borax, la houille et le nitrate de soude qui sont les trois produits les plus importants. Le dernier constitue le principal revenu du Gouvernement chilien.

Le commerce d'exportation s'est élevé, en 1904, au chiffre de 300 millions de francs, supérieur de 3,9 millions au chiffre de 1903 ; il s'est produit avec le Royaume-Uni, l'Allemagne, les États-Unis, la France, la Hollande, la Belgique, l'Italie, l'Espagne et le Portugal. Il a été importé, en 1904, 822 000 tonnes de charbon, dont 609 000 du Royaume-Uni, 20 900 d'Allemagne, 179 400 d'Autriche, 1 700 de Belgique et 15 000 des États-Unis.

Les principaux produits agricoles sont le froment et l'orge. Ils sont exportés en quantités considérables, mais par suite d'une mauvaise récolte en 1905, il a été importé au Chili beaucoup de farine des États-Unis. On y cultive très peu le maïs, et la farine de maïs est peu employée.

Les importations pour l'année 1904 se sont élevées au chiffre de 300 millions de francs, en augmentation de 3 millions environ sur l'année précédente. Elles portent sur les objets suivants, venant principalement d'Angleterre : charbon, coton et laine manufacturés, animaux, quincaillerie, fer, machines et sucre.

Dans le but de développer l'exploitation des importantes richesses minérales du pays, le Gouvernement chilien se préoccupe de l'amélioration des moyens de transport. On va construire de nouvelles lignes de chemins de fer et prolonger celles qui existent. Le chemin de fer Transandin, lorqu'il sera achevé, abrègera de dix à douze jours le voyage d'Europe au Chili. Il est question de construire un chemin de fer sur toute la longueur du pays, soit sur 2400 km et on a même mis la main à un commencement d'exécution, en faisant l'étude sur le terrain, de près de 500 km. Le Chili ne possède encore que deux lignes de tramways électriques : l'une à Santiago, la capitale du pays, l'autre à Valparaiso,

elles ont toutes deux été établies par des maisons allemandes. Le Gouvernement a donné plusieurs concessions de lignes interurbaines qui doivent être construites cette année. On va établir aussi une ligne entre Conception et Talcahuano, elle sera faite par des Américains, avec du matériel provenant des États-Unis. Ces renseignements sont donnés, d'après un rapport consulaire, par le *Journal of the Society of Arts.*

L'industrie du zinc en Belgique. — L'industrie du zinc en Belgique est presque entièrement concentrée dans la province de Liège, mais il y a quelques usines pour le traitement de ce métal dans les provinces d'Anvers, de Namur et de Limbourg. La production de zinc de la Belgique est la plus importante de l'Europe après celle de l'Allemagne. La statistique de 1904, qui est la dernière qui fournisse des chiffres officiels, est très intéressante à consulter, tant à cause des renseignements qu'elle donne sur les conditions actuelles de cette industrie que par la preuve qu'elle apporte de la dépendance étroite dans laquelle se trouve la production du zinc en Belgique par rapport aux minerais étrangers.

La production de zinc en 1904 s'est élevée à 139 847 tonnes métriques, dont 125 570 proviennent de la province de Liège. Sur ce total, les minerais d'origine belge ne figurent que pour un chiffre de 3 050 tonnes, soit moins de 1 0/0 de la consommation. Il a été importé 304 320 tonnes de minerais de l'étranger. Le tableau ci-dessous indique la production des minerais de zinc importés en Belgique pendant les trois dernières années :

Pays.	1902.	1903.	1904.
	tonnes	tonnes	tonnes
Italie et Sardaigne	74 740	71 674	66 538
France	25 522	27 268	32 288
Suède et Norvège	19 333	24 388	29 867
Allemagne	22 365	13 252	12 016
Espagne et Portugal	52 993	66 566	74 762
Algérie et Tunisie	26 511	32 593	37 483
Grèce	361	1 486	4 896
Australie	5 288	1 114	18 274
Angleterre	9 017	9 200	6 447
Amérique	26 227	31 133	21 806
Turquie	509	789	493
Divers	2 146	4 416	4 448
Totaux	265 012	283 880	304 320
Belgique	5 750	5 355	3 055
Totaux généraux	270 762	289 235	307 370

On voit par ce tableau les grandes variations qui se sont produites d'une année à l'autre dans les quantités provenant des différents pays. L'année 1904 a montré une forte augmentation dans la proportion des minerais provenant de la Péninsule Ibérique, de la France, de l'Algérie

et Tunisie et de l'Australie; d'autres contrées sont, au contraire, en notable diminution, par exemple, l'Italie et la Sardaigne, l'Allemagne, l'Angleterre, etc.; cela peut tenir simplement à ce que l'industrie locale seule emploie dans ces pays assez de minerai pour que l'exportation en soit restreinte.

L'importation des minerais de zinc en Belgique se fait uniquement par le port d'Anvers; ils sont dirigés sur les usines de traitement par voie d'eau, au moyen du réseau de canaux très étendu que possède le pays et qui se ramifie dans toute son étendue. Ces transports se font à bas prix. Quelquefois, le minerai est envoyé directement du port de débarquement aux usines, mais parfois il s'arrête en route pour être grillé dans des fabriques de produits chimiques pour servir à la production de l'acide sulfurique, le résidu étant envoyé aux usines à zinc. Ainsi tous les minerais expédiés à la Société de la Vieille-Montagne sont grillés à Baelen-Wezel sur le canal de la Campine.

On sait que la fabrication de l'acide sulfurique constitue en Belgique une industrie importante; la production de cet acide s'est élevée en 1903 à 310 000 t métriques d'acide à 60 degrés Beaumé; et une très grande partie tiré son soufre du grillage de la blende. Une autre source de soufre en Belgique est dans les pyrites dont les résidus de grillage sont vendus comme minerai à raison de 8 à 9 f par tonne métrique.

Les laminoirs de zinc ont produit en 1904 41 492 t de métal en feuilles dont la valeur est en moyenne de 592,30 f la tonne, alors que le zinc brut vaut 552,20 f. On voit que la différence n'est que de 40,10 f par tonne, beaucoup plus faible que celle qui existe dans certains pays tels que les États-Unis. Une seule usine fabrique l'oxyde de zinc dont la production en 1904 a été de 8 500 t; tout cet oxyde est obtenu par la combustion du zinc brut. Ce qui précède est extrait de l'*Engineering and Mining Journal.*

COMPTES RENDUS

SOCIÉTÉ D'ENCOURAGEMENT POUR L'INDUSTRIE NATIONALE

JUIN 1906.

Rapport de M. C. ROZÉ, sur **un appareil d'attelage automatique des wagons** de M. BOIRAULT, Ingénieur adjoint des chemins de fer de l'État.

L'attelage automatique des wagons de chemins de fer est un problème intéressant, surtout au point de vue de la sécurité des agents, mais difficile à remplir. L'appareil de M. Boirault paraît constituer une solution pratique. A la suite d'essais favorables, un certain nombre de ces appareils ont été commandés par diverses Compagnies françaises.

On sait que l'attelage automatique est d'un emploi universel aux États-Unis. Nous ne saurions décrire le système Boirault sans le secours des nombreuses figures qui illustrent le rapport de M. Rozé.

Rapport de M. A. MOREAU, sur **un système de fermeture en bois,** de M. BAUMANN.

Ces fermetures sont formées de lames de bois plus ou moins moulurées, collées sur de la toile, le tout est roulé sur un rouleau en fer. Le prix de ces fermetures varie de 19 à 26 f le mètre carré. L'inventeur fait sur le même principe des stores et des paravents. Ce système présente des qualités particulières de commodité, de solidité et de durée.

Le répertoire bibliographique universel, par M. le général SÉBERT.

Il s'agit d'un Manuel bibliographique récemment publié par l'Institut international de bibliographie et qui constitue un exposé complet et à jour de l'organisation de cet institut ainsi que des règles qui ont été arrêtées pour la formation, le classement, la publication et la consultation du Répertoire bibliographique universel.

Ce Répertoire est une œuvre considérable, on peut s'en rendre compte par le fait que le manuscrit prototype, conservé à Bruxelles, au siège de l'Institut, se composait, au commencement de 1905, de 6603500 fiches. Des œuvres aussi utiles doivent être hautement encouragées.

L'air pur, l'air confiné, l'air vicié par la respiration et la combustion, par M. le docteur GRÉHANT, Membre de l'Académie de Médecine. Conférence faite au Muséum le 6 mai 1906.

En traitant ces sujets, l'auteur étudie la résistance de l'organisme de l'homme et des animaux à l'air vicié par la respiration ou mélangé de gaz toxiques, notamment le grisou, et parle des moyens employés pour pénétrer dans les milieux délétères.

Notes de chimie, par M. JULES GARÇON.

Voici les principaux sujets qu'on trouve traités dans ces notes : L'industrie du linoléum en France, les laboratoires officiels de chimie en Australie; la dépréciation des charbons à l'air libre, la préparation de la pourpre de Cassius au four électrique, l'échantillonnage pour l'analyse des alliages d'or, l'emploi du tétrachlorure de carbone dans l'analyse des pâtes alimentaires, les albumines du lait, les relations entre le pouvoir antiseptique et la constitution chimique, etc.

Notes de mécanique.

On trouve sous cette rubrique : une note sur la fabrication des roues en acier laminé, la description d'une machine d'extraction électrique fabriquée par la Société Alsacienne de Constructions mécaniques pour les Mines de Lens, une note sur les wagons américains à gros tonnage, une sur les locomotives à distribution par soupapes.

ANNALES DES MINES

4e livraison de 1906.

Principes théoriques des méthodes d'analyse minérale fondées sur les réactions chimiques, par M. G. CHESNEAU *(suite et fin.)*

Statistique de l'industrie minérale de la France. Production des combustibles minéraux, fontes, fers et aciers, en 1905.

Il a été extrait, en 1905, 36 048 264 t de combustibles minéraux, dont 35 347 230 t de houille et 701 034 t d'anthracite. Ce total est en augmentation de 1 880 300 t sur le total de 1904.

Le Nord et le Pas-de-Calais figurent dans la production pour un chiffre de 23 167 000 t, chiffre supérieur de 1 500 000 t environ à celui de l'année précédente. Après, viennent la Loire avec 3 680 000 t, le Gard avec 1 899 000 t et Saône-et-Loire avec 1 790 000 t.

Pour le lignite, le bassin du Fuveau entre pour 589 000 t sur un total de 701 000 t, celui de Manosque pour 50 000 t et les Vosges pour 22 000 t.

La production totale de la fonte s'est élevée à 3 076 550 t, dans lesquelles Meurthe-et-Moselle figure pour 2 116 000 t, le Nord pour 288 000 t et le Pas-de-Calais pour 104 000 t. Saône-et-Loire vient après avec 90 500 t.

La production des fers et aciers ouvrés a été de 711 603 t, dont 34 000 t de tôles obtenus par puddlage et 42 000 t obtenues par réchauffage de fers et aciers bruts et de vieux fers. Il a été produit 282 800 t de rails d'acier et 273 700 t de tôles. La production des lingots a été de 2 110 300 t.

Cette statistique est présentée cette année pour les fontes, fers et aciers, sous une nouvelle forme, quant à la classification des divers produits sidérurgiques, qui ne permet pas la comparaison avec l'année précédente.

Les dénivellations de la voie et les oscillations du matériel de chemin de fer, par M. GEORGES MARIÉ *(suite et fin)*.

SOCIÉTÉ DE L'INDUSTRIE MINÉRALE

Mai 1906.

DICTRICT DE SAINT-ÉTIENNE.

Réunion du 9 mai 1906.

Communication de M. JOUGUET, sur **la Mécanique au Congrès de Liège.**

L'auteur indique qu'au Congrès de Mécanique tenu à Liège pendant l'Exposition, trois sujets ont été traités d'une manière particulière. Ce sont les questions des turbo-machines, des moteurs à gaz et du rendement thermique des machines à vapeur. Il se propose d'examiner ici ce qui a été dit au Congrès ou présenté à l'Exposition sur le rendement thermique des machines à vapeur et sur les moteurs à gaz, la question des turbo-machines fera l'objet d'une communication ultérieure.

Le résumé de la communication dit quelques mots de la surchauffe, des chaudières et distributions des machines à vapeur et parle très sommairement de la théorie des moteurs à gaz, de leur dépense et des progrès réalisés sous le rapport de la régularisation.

Communication de M. ANDRÉ MIGUOT, sur **la fabrication de l'acier au four Martin-Siemens à sole basique.**

L'auteur rappelle que depuis une quinzaine d'années, on substitue de plus en plus le procédé de déphosphoration sur sole basique au procédé Martin-Siemens acide, et on est arrivé à produire sur sole basique avec une certitude suffisante les aciers les plus divers. Cette substitution a été facilitée par un grand nombre de perfectionnements de détail apportés aux gazogènes, aux fours, aux appareils de coulée, etc.

La note passe rapidement sur les procédés d'épuration et méthodes d'affinage et donne un certain nombre de résultats d'analyse et d'essais de traction effectués sur des métaux soumis à ces traitements.

Pour la Chronique et les Comptes rendus :
A. MALLET.

Le Secrétaire Administratif, Gérant,
A. DE DAX.

IMPRIMERIE CHAIX, RUE BERGÈRE, 20, PARIS. — 12314-7-06. — (Encre Lorilleux).

MÉMOIRES

ET

COMPTE RENDU DES TRAVAUX

DE LA

SOCIÉTÉ DES INGÉNIEURS CIVILS DE FRANCE

BULLETIN

DE

SEPTEMBRE 1906

N° 9

LE CHILI MINIER ET MÉTALLURGIQUE

AU POINT DE VUE LE PLUS RÉCENT

PAR

Ch. VATTIER

Le Chili, une des plus importantes et plus sympathiques Républiques de l'Amérique du Sud, occupe une longue et assez étroite bande de territoire entre la Cordillère des Andes et l'Océan Pacifique, de 4230 km de longueur pour 189 km de largeur moyenne, depuis le degré 17°57′ au nord jusqu'au degré 55°59′ au sud.

Sa population est d'environ 3300000 habitants.

Les conditions actuelles industrielles, minières, métallurgiques et agricoles de cette République, méritent plus que jamais d'attirer l'attention des étrangers.

Pendant ces dernières années, l'esprit d'association et l'enthousiasme pour les grandes entreprises se sont développés d'une façon surprenante, et cette crise salutaire s'est manifestée, aidée, du reste, par la hausse du prix des métaux, par la constitution d'un grand nombre de Sociétés et de Syndicats pour les reconnaissances, développement et exploitation des mines et salpêtrières, surtout dans les régions du nord, et pour la mise en valeur par l'élevage d'animaux, l'agriculture et l'exploitation des bois des régions australes qui, jusqu'ici, sauf quelques régions, étaient presque abandonnées.

Au lieu de rechercher, comme jusqu'ici, principalement dans des papiers et valeurs de banques ou hypothécaires, un bon intérêt de leurs capitaux, les Chiliens préfèrent maintenant engager ces capitaux dans de grandes entreprises industrielles, minières et agricoles, et c'est ainsi qu'en moins de deux années, on a constitué des sociétés nouvelles pour plus de 100000000 de piastres.

Les étrangers qui, du reste, rencontrent au Chili toutes les garanties possibles et qui peuvent y compter sur l'appui et les sympathies des autorités et des habitants, ont pris part à ce grand tournoi industriel, et l'élément français y est dignement et heureusement représenté.

Pour donner une idée des progrès réalisés, ces derniers temps, il convient de citer quelques passages du dernier message de S. E. le Président de la République M. Riesco et se rapportant à l'*exercice de 1905.*

Colonisation.

On a donné des terrains et installé dans le sud 18 700 familles indigènes, et 2 700 familles nationales et étrangères comprenant 13 200 personnes.

Le gouvernement se préoccupe de consulter un budget sérieux pour l'immigration libre, et actuellement il a installé en Europe deux agences d'immigration (à Paris et en Italie), a envoyé des délégués pour le même but et fondé à Talcahuano des bâtiments spéciaux pour loger les émigrants.

Courriers.

L'augmentation de 1901 à 1906 a été de 21 295 760 lettres en circulation dans le pays et de 6 413 373 piastres pour bons sur la poste, et de 2 580 106 pièces de correspondance internationale.

Télégraphes en 1905.

L'étendue des lignes télégraphiques est de 13 229 kilomètres.

L'augmentation des dépêches envoyées, a été, de 1901 à 1905 de 134 084.

Habitations ouvrières.

L'État se préoccupe de construire des habitations, à loyers très minimes, pour les ouvriers, et d'assurer l'exemption de contributions pour celles, dans le même but, construites par les particuliers.

Travaux d'amélioration dans les villes et les ports.

On a donné l'eau potable à dix villes qui, jusqu'ici, en étaient privées.

Dans la capitale de Santiago, on change le pavage et une Compagnie Française de Batignolles-Fould-Wedeles y construit les égouts (dépense de 34 millions de francs).

Les travaux d'écoulement des eaux de la ville de Valparaiso et d'amélioration de son port sont poussés activement, et on continue les études de construction complète d'un nouveau port, études faites jusqu'ici par M. Kdrauss, le Ministre des Travaux Publics en Hollande, qui dernièrement, a obtenu une permission de son gouvernement pour revenir au Chili donner des indications sur ces travaux du port.

On va faire des travaux analogues d'amélioration dans les villes de Talca et de Concepcion.

Instruction.

Les dépenses pour l'instruction étaient, en 1901, de. . . . . $	8 916 538
Elles ont été, en 1905, de	17 645 008
Pour l'instruction primaire, en 1901, elles étaient de.	3 282 340
En 1905 elles ont été de	9 230 687

Il existe 16 écoles normales avec 2 320 élèves destinés au professorat. 2 300 écoles primaires, avec 4 729 maîtres d'école, donnent l'enseignement à 170 827 élèves.

Il y a 118 collèges particuliers, subventionnés, avec 16 189 élèves.

Enfin 384 collèges particuliers ou maisons d'éducation matriculent 21 947 élèves.

En résumé, on donne l'instruction primaire à 208 913 élèves.

Nous citerons, en outre, 11 instituts techniques et commerciaux, des lycées pour élèves des deux sexes, écoles préparatoires, etc., etc.

Finances.

On calcule que pour 1906 les recettes pour l'État seront de . . . . $ 139 145 666
et que cet exercice se terminera sans déficit.

Salpêtre.

(On compte par quintaux espagnols, *qq*). un *qq* = 46 kg.

On a exporté en 1901 . . . . quint. esp.	27 385 228
En 1906, ce chiffre atteindra au moins	38 000 000

Iode.

En 1901	quint. esp.	6 158
En 1905		12 436

Exportation de produits minéraux.

L'exportation a beaucoup augmenté pour l'or, le salpêtre, l'iode, les mattes et barres de cuivre, mais a un peu diminué pour les minerais.

Recettes de la douane.

Augmentation de ces recettes de 1901 à 1905 :

$ 49 295 652 pour l'importation } en monnaie nationale courante
93 363 916 pour l'exportation }

$ 19 541 411 en or de 18 pence par piastre (environ 1,82 f par piastre).

Dette externe.

Elle est d'environ. . . . . livres sterling. 21 500 000

Dette interne.

Elle est de $ 107 168 761,59 monnaie courante nationale (papier).

On a constitué des dépôts pour le rachat de cette dette pour une valeur de $ 54 500 000 et on doit, d'après la loi, compléter les fonds nécessaires pour une réserve, sur les recettes, de 500 000 piastres par mois.

Du reste, pour répondre de ces dettes, l'État possède la plupart des chemins de fer et est encore maître de terrains de nitrates d'une valeur de plusieurs millions de livres sterling, à Tarapaca, Antofagasta et Taltal.

Caisses d'épargne.

Elles sont nouvellement installées, en 1884 à Santiago, en 1901 à Valparaiso, en 1904 à Concepcion, Iquique, Talca, Chillan, Valdivia (1905), Antofagasta (1906).

On a déposé dans ces caisses $ 1 300 000 en 106 823 comptes courants.

Ces prévisions économiques sont nouvelles au Chili.

Nous pouvons encore citer comme améliorations, en partie en vigueur, et en grande partie projetées:

Les grands travaux dans les ports de Coquimbo, Antofagasta, Mejillones, dragage du fleuve de Valdivia, facilités pour embarquements et débarquements.

On a fait de fortes réductions dans les budgets de la guerre et de la marine, ce qui permettra de consacrer plus de fonds aux travaux publics, et de s'occuper de terminer les installations de phares sur la côte du Pacifique et dans le détroit de Magellan.

De nombreuses villes sont éclairées par la lumière électrique et possèdent des tramways électriques.

La ville de Talca a eu dernièrement une brillante exposition agricole, et au Chili a eu lieu, en 1905, le Congrès industriel et agricole américain.

On augmente le personnel des écoles de Mines de Santiago, Copiapo, Serena, Antofagasta et des 23 écoles professionnelles de femmes.

L'industrie carbonifère prend chaque jour plus de développement.

Enfin un Syndicat français vient d'introduire au Chili l'industrie sidérurgique, question qui sera, plus loin, traitée spécialement.

Chemins de fer de l'État.

Le réseau d'exploitation de ces chemins de fer en 1906 comprend : 2 408 km.

Il y a en construction : 687 km et à l'étude : 2 027 km.

Le chemin de fer en construction de Arica à « La Paz » (Bolivie), ouvrira au commerce chilien un débouché pour le nord de Bolivie, comme actuellement celui de Antofagasta à Oruro (930 km), met en communication avec le sud de Bolivie.

Les recettes des chemins de fer de l'État ont été :

En 1901	$	16 244 812
En 1905		21 442 067

Les dépenses ont été :

En 1901	$	18 730 858
En 1905		20 818 916

On a accordé 29 autorisations pour construire des chemins de

fer particuliers sur une étendue de 1 691 km, et tout dernièrement, 4 autorisations pour 525 km.

Déjà on construit 469 km de ces nouvelles lignes.

D'ici deux ans sera terminé le chemin de fer Trasandin du Juncal, et le nouveau Trasandin d'Antuco (plus au sud) arrivera, cette année, au kilomètre 75.

Ces deux lignes, comme celles du chemin de fer d'Antofagasta à Bolivie, de Curinalüe (charbons), des salpêtrières et autres, appartiennent à des compagnies particulières.

On se préoccupe aussi d'un chemin de fer Trasandin par Copiapo.

Nous verrons plus loin que le même esprit de progrès qui a guidé le gouvernement, s'est manifesté également chez les particuliers dans leurs travaux industriels et agricoles.

*
* *

En exposant ces données générales sur le Chili, je me suis éloigné du programme spécial de cette note minière et métallurgique, mais j'ai cru qu'il était intéressant de connaître la réelle situation économique, les progrès, les ressources sur lesquelles on peut compter pour la main-d'œuvre, les transports par terre et maritimes, etc., etc., d'un pays dans lequel on peut projeter n'importe quelle installation industrielle.

Je vais aborder maintenant des questions plus techniques, surtout relatives à ce qui a été fait au Chili pendant ces dernières années, et pour les conditions spéciales de toutes les mines et usines du Chili, en général, je ne puis que renvoyer à mes précédentes conférences sur le Chili, faites à la Société des Ingénieurs civils et à mes deux ouvrages :

La *Métallurgie du fer au Chili* (5 volumes publiés en 1892) ;

Le *Chili minier*, *métallurgique*, *industriel* (1 volume publié en 1892).

Beaucoup des chiffres que je vais citer sont pris dans la récente et excellente publication de la *Société des mines du Chili* de 1905 et dans l'étude statistique de 1903 de l'éminent métallurgiste Alberto Hermann.

Notre étude des diverses régions du Chili commencera par la région la plus au nord du Chili, et notre marche sera du nord au sud.

Tacna et Arica (environ 18°20').

La province de Tacna est destinée à prendre une grande importance dès que sera construit le chemin de fer qui unira le port de Arica à la ville bolivienne de la Paz; ce chemin de fer, construit par une société chilienne, coûtera près de 2 millions et demi de livres sterling et, tout en résolvant pacifiquement des questions internationales entre le Chili et la Bolivie, va ouvrir un nouveau territoire à de grandes entreprises minières et métallurgiques, en vue de l'exploitation de la richesse minérale de cette région.

Dans les deux départements de Tacna et de Arica, où on travaille assez activement les centres miniers du cuivre de « Putre », « Cochelimpe », « Victor » et mine « Descubridora », on connaît l'existence de minerais d'or, d'argent et cuivre ainsi que des dépôts de soufre, borates, sels d'alumine, chlorure de sodium.

En 1903, avec la coopération d'une fonderie et l'exportation de minerais de cuivre, la production totale en cuivre, métallique contenue dans les minerais exportés et bénéficiés, n'a guère dépassé : 462 t.

Province de « Tarapaca. »

La production principale de cette province est celle du salpêtre ou nitrate de soude, avec l'iode, comme produit secondaire, et il convient de donner quelques détails sur cette industrie du salpêtre au Chili, en réunissant dans ce même article la production des salpêtres des autres districts situés plus au sud de cette province de Tarapaca; ces districts, au nombre de quatre, sont ceux de : Tarapaca, Tocopilla, Autofagasta et Taltal, auxquels il faut ajouter les terrains de nitrates récemment découverts dans le département de Chañaral.

En 1903, l'exportation totale du salpêtre du Chili a atteint le chiffre de 14 432 859,72 quintaux métriques (de 100 kg);

En 1906, ce chiffre a été de : 17 480 000 q m.

Cette production ira en augmentant, en vue de la croissante consommation de ce sel employé comme réactif et comme engrais, surtout quand on exploitera les riches gisements du « Toco », et il y a été reconnu une existence de ces nitrates pour un très grand nombre d'années, dont il est impossible de fixer la limite.

Le produit secondaire, l'iode, obtenu dans l'élaboration des salpêtres, dont la production est limitée, donne comme chiffres d'exportation :

En 1903	387 276 kg
En 1905	572 056

C'est surtout grâce à une *combinaison*, pour cinq années, réalisée le 1er avril 1901 entre les producteurs de salpêtres, que cette industrie a pu prendre un développement considérable, et cette *combinaison*, qui se terminait en 1906, vient heureusement d'être renouvelée, ce qui est un avantage pour la nation, qui perçoit de forts droits sur l'exportation de ce produit, et pour les possesseurs des terrains de nitrates.

Les résultats de la *combinaison* ont été de faire monter le prix du salpêtre de 6 shillings le quintal espagnol de 46 kg (en 1900), à 9 et 10 shillings actuellement.

Les droits perçus pour l'exportation du salpêtre et de l'iode par le gouvernement chilien sont les suivants :

Pour chaque 100 kg (quintal métrique) de salpêtre = 3,38 $ or (1 piastre or = 18 pences), ou environ 28 pences pour chaque quintal espagnol de salpêtre.

Pour chaque kilog d'iode = $ 1,2667.

En 1903, 24 545 ouvriers étaient occupés par l'industrie des salpêtres.

Egalement en 1903, 86 usines de traitement des *caliches* (salpêtres bruts mêlés de terres et produits divers) servaient à l'élaboration du salpêtre, et actuellement on construit un grand nombre d'usines importantes, avec des procédés nouveaux pour cette élaboration du salpêtre.

Il est intéressant, pour les industriels, de faire connaître le prix de revient d'un quintal espagnol (46 kg) de salpêtre pur, tel que je l'ai relevé, dans une usine salpêtrière, lors de mon dernier voyage (1906) au nord du Chili (ce prix est variable).

Prix de revient d'un quintal espagnol (46 kg) de salpêtre pur, sur l'aire de l'usine pour frais d'exploitation et de traitement	pences	14
Fret du chemin de fer jusqu'au port de Taltal	»	5
Dépenses d'embarquement.	»	1 1/2
Droits d'exportation.	»	28
Imprévu.	»	1 1/2
Total . . . 4 sh. 2 d. ou	pences	50 »

Le prix alors était de 8 shillings le quintal espagnol à bord à « Taltal. »

Naturellement ce prix de revient, comme le bénéfice, est très variable suivant les titres des *caliches* en salpêtres purs, la situation des usines, les moyens de transport, le prix de l'eau, etc.

Il convient de signaler à nos agriculteurs français, en raison des qualités exceptionnelles de cet engrais, l'importance de se le procurer directement, sans avoir recours, comme maintenant, à de ruineuses entremises, et il faut aussi prendre toutes les précautions possibles pour éviter les falsifications de ce produit, falsifications qui ont été nombreuses et ont jeté injustement du discrédit sur ce précieux engrais. A l'Exposition actuelle de Milan, une Section spéciale, parfaitement organisée, met en évidence par des cultures comparatives, les immenses avantages des salpêtres chiliens employés comme engrais.

Revenant à cette province de Tarapaca proprement dite, il convient de citer quelques-unes de ses autres richesses minérales :

Depuis deux ans, on a fait prospecter des dépôts très étendus de sels potassiques (chlorure de potassium), principalement dans les régions de Iquique et Tocopilla, dépôts connus depuis longtemps, mais superficiellement.

En vue des rapports favorables des experts, qui auraient rencontré des titres de 6 à 8 0/0 de potasse dans les magmas de quelque profondeur (?), et d'autres fois 2 à 3 et 4 0/0, on a formé de fortes sociétés pour l'exploitation de ces dépôts.

Il est à craindre que, vu la très grande étendue des gisements, leur situation, etc., on n'ait pu prélever un échantillonnage suffisamment complet et on ne peut encore se prononcer sur l'avenir de ces dépôts potassiques.

Les autres richesses minérales de cette région sont :

Les borates de chaux (contenant 42 0/0 d'acide borique) de Tocopilla (en 1903 on en a exploité seulement 239 t environ), provenant de « Las Tizas ».

Les minerais d'argent qui actuellement sont exploités dans les centres miniers de Huantajaya, de Yabricoya et Negreiros (où on a repris d'anciens travaux). Ces minerais, en partie exportés et en partie traités sur place en 1903, contenaient pour l'exercice de 1903 environ 10 tonnes d'argent.

Les minerais de cuivre, qui depuis deux ans ont pris une

grande importance et sont appelés à un réel avenir dans cette province :

En 1903, la quantité de minerais, surtout exportés, ne contenait guère (4 725 t de minerais d'un titre d'environ 31 1/2 0/0) que 1 496 t de cuivre fin, mais depuis lors cette production a considérablement augmenté et augmentera chaque jour davantage. En dehors des centres miniers de « Mocha » et de « Pampa Perdiz », on a fait des grandes dépenses pour reconnaître et exploiter les très abondants minerais de 2 à 3 0/0 de « Copaquire », composés de sulfates, sous-sulfates, oxydes et *silicates* de cuivre.

Jusqu'ici, on n'a pu résoudre d'une façon économique le problème métallurgique pour le traitement de ces minerais et, s'il ne survient pas quelque événement imprévu, on peut craindre pour l'avenir de cette entreprise. Mais le centre minier réellement important est celui de « *Collahuasi* », surtout mis en valeur par M. Farne.

Ce centre minier de « Collahuasi » est situé sur les limites de la province de « Tarapaca », avec celle d' « Antofagasta » (ses minerais sont exportés par le port d'Antofagasta) et est relié au chemin de fer d'Antofagasta à Oruro, à la station de « Carcote », par un chemin de charrettes d'environ 90 km de long.

Dans ces conditions, le fret par tonne s'élevant à $ 60, on ne guère exporter actuellement que des minerais de 20 à 25 0/0 au moins.

Quand on aura fait un embranchement de chemin de fer de 80 km, des mines jusqu'à « Ollague », alors on pourra exploiter avec profit des très grandes quantités de minerais. Actuellement, les mines exploitées n'ont guère plus de 150 mètres de profondeur. Les minerais des filons, traversant des roches porphyriques avec gangue quartzeuse, contiennent surtout les variétés oxydées du cuivre et le sulfure blanc (chalcosine), ainsi qu'une certaine quantité d'or et d'argent.

On a formé à « Iquique » et à « Santiago » plusieurs grandes compagnies pour exploiter ces mines, dont la plus importante est la « *Poderosa de Collahuasi* », dont les actions font forte prime.

En 1903, une seule de ces trois compagnies a exploité 4 675 t de minerais d'un titre de 32 0/0 de cuivre, 558 g d'argent et 2,3 g d'or par tonne de minerais.

A « Sagasca » (dans la même région), un banc de conglomérats fin, cimenté par des silicates de cuivre, peut livrer de très considérables quantités de minerais de 6 à 8 0/0 de cuivre, mais

les difficultés de traitement métallurgique et de transport rendent leur exploitation impossible. Il faut donc attendre les résultats de quelque nouveau traitement, par voie humide ou autre, ou la construction du chemin de fer de « Collahuasi ».

La question d'un traitement pratique et économique des minerais de cuivre de bas titre de « Copaquire » et « Sagasca » mérite d'appeler l'attention de nos chimistes et métallurgistes.

On a également trouvé récemment, dans la province de « Tarapaca », du soufre, mercure, plâtre, sel marin, argiles, kaolins.

Province d'Antofagasta.

Cette province, depuis un grand nombre d'années, est une des plus importantes du Chili au point de vue de son mouvement commercial, salpêtrier et minier et pour être le seul port actuel en communication avec la Bolivie.

Le port, très défectueux et insuffisant pour le mouvement actuel, va être l'objet de sérieux travaux maritimes et il est probable qu'on se décidera à effectuer une grande partie des embarquements et débarquements par le magnifique port voisin de « Méjillones ».

Les salpêtrières de « Pampa Central », « Aguas Blancas », etc. (et bientôt celles du « Toco ») ont pris un développement considérable, ainsi que les mines de cuivre de la région et c'est par un chemin de fer de 930 km (appartenant à une compagnie anglaises qu'on pénètre dans l'intérieur de la Bolivie, ou existent de riche) centres miniers.

A ce sujet, je me permettrai une courte digression sur quelques centres miniers de Bolivie, exploités surtout par des Chiliens et Compagnies étrangères et dont les produits sont exportés par ce port d'Antofagasta.

Mines d'étain de Bolivie.

Surtout depuis la forte hausse du prix de l'étain, ces mines ont pris du développement et une forte valeur.

Au Chili, on a formé des sociétés, au capital de plusieurs millions de francs chacune, pour acheter et exploiter divers gisements, comme ceux de « Llalagua », « Monte Blanco », « Pazna », etc. (de même que pour les mines d'argent de Guadalupe) et chaque jour on s'intéresse davantage à ces mines d'étain, appelées à un grand avenir.

*
* *

Une fois réalisé le projet, actuellement à l'étude, de construction de chemins de fer dans l'intérieur de la Bolivie, les mines de cette République seront très productives.

Dans cette province d'Antofagasta, on exploite des puissants dépôts de borates (dont les plus importants viennent d' « Ascostan »), du soufre, sulfate de fer, marbres, sel marin, et je crois utile de dire quelques mots des mines de cuivre de cette province, principalement des mines de « *Chuquicamata* », qui chaque jour prennent plus de développement :

Jusqu'en 1902, on n'avait exploité dans cette région de « Chuquicamata » (près de la ligne du chemin de fer d'Oruro à Antofagasta avec embranchement) que des menus (llampos) à peu de surface du sol, constitués par des quartz et feldspath contenant 2 à 3 0/0 de cuivre sous forme d'atacamite (oxychlorure de cuivre), dont on élevait le titre par une simple concentration à sec jusqu'à 10 et 12 0/0.

Actuellement, on travaille sérieusement plus de 300 concessions minières dans cette région, sur de véritables et riches filons et en profondeur, comme dans les mines « Emilia », « San Luis » et « Balmaceda », la « Rosario », la « Poderosa », « Zaragosa », etc. Ces mines ont produit en 1903 ; 18 800 t de minerais contenant 3 325 t de cuivre fin, avec un titre moyen de 17,60 0/0.

Depuis lors, cette production a presque triplé.

On a installé une grande fonderie, sous la direction de M. Gregorio Avalos, pour la fonte de ces minerais de cuivre, sous le nom d' « Usine de Chorillos de la Société des mines et fonderie de Calama », située à 2 km de la petite ville de Calama.

Cette usine, possédant une force hydraulique, a été commencée en 1903 et on y installe actuellement des convertisseurs pour transformer en barres de cuivre les mattes de cuivre, provenant de fours à manche.

La production de cette usine atteindra certainement 3 000 t de barres de cuivre par an.

On pousse activement l'exploitation des mines de cuivre de « Monte Blanco » (en face le km 70 de la voie ferrée) abondante en minerais de titres de 6 à 10 0/0, « San José de Abra » (à 30 km de Conchi), etc.

Il convient aussi de mentionner la nouvelle et importante fonderie de « Gatico », destinée à fondre les minerais de ce riche centre minier.

Le *département de « Taltal »* présente la particularité suivante :

Ses anciennes et fameuses mines d'or du « Guanaco », à certaines profondeur, ont vu disparaître l'or pour faire place au cuivre.

Plusieurs de ces mines, à 116 m de profondeur, comme « Silesia » et « Hercules », donnent beaucoup de minerais de cuivre d'un titre d'environ 24 0/0.

La grande usine anglaise « Pacific Smelting C° » de fonte, si admirablement installée dans le port de Taltal, a dû arrêter ses travaux, il y a quelques mois, faute de minerais et surtout faute de minerais sulfureux *(bronces)*.

Cette question des *bronces* ou sulfures devant proportionner la quantité de soufre suffisante pour produire les mattes, est celle qui doit toujours le plus *préoccuper les industriels* qui veulent installer des usines de cuivre par la fusion.

A « Paposo » on vient de reprendre les travaux des anciennes mines si connues de « Reventon » et « Abundancia » (400 m de profondeur) et d'y installer une usine de lixivation pour des sulfates de cuivre naturels.

PROVINCE D'ATACAMA.

Pendant ces dernières années, on n'a pas à signaler de nouvelles entreprises sérieuses pour reprendre les travaux si importants des anciennes et célèbres mines d'argent de « Tres Puntas », « Chañarillo » de la région de Copiapo (problème intéressant), mais, au point de vue des mines de cuivre, le progrès a été manifeste.

On a beaucoup parlé, ces derniers temps, de reprendre l'exploitation des borates de « Maricunga », « Pedernal » et d'exploiter des boratières, dans la région de Chañaral ; on a même formé plusieurs sociétés anonymes dans ce but, mais jusqu'ici on n'est arrivé à aucun résultat tangible.

Parmi les divers projets d'entreprises minières dans les régions les plus éloignées du désert d'Atacama, même dans la région de la « Puna » (appartenant à la République Argentine d'après les derniers traités), on vient de constituer un syndicat pour aller reconnaître des riches gisements et filons aurifères, déjà exa-

minés par des Ingénieurs compétents. On ne connait pas encore les résultats de l'étude faite par la Commission envoyée, il y a quelques mois.

Mais, comme je viens de le dire, c'est surtout du côté du cuivre qu'il faut rechercher les améliorations.

Département de Chañaral. — Ce département occupe la seconde place, au Chili, comme producteur du cuivre, et en 1903 il produisait déjà plus de 56 000 t de minerais d'un titre de 8 à 9 0/0 de cuivre, chiffre bien dépassé depuis lors.

Les minerais qui dominent, souvent à gangue très ferrugineuse, sont d'une extrême abondance et de titres peu élevés et le développement de ces mines dépendra surtout des perfectionnements apportés dans les moyens de transport et la facilité pour se procurer l'eau.

Parmi les mines de cuivre donnant des minerais de titre élevé, nous pouvons citer la « Mina Exploradora » (de Piedra) qui, malgré ses difficultés de transport (200 km de désert jusqu'à la côte) a produit en 1903 : 2 485 t de minerais d'un titre moyen de près de 20 0/0, en laissant dans la mine des minerais en quantités énormes de 8 à 12 0/0 et des haldes (desmontes) d'un titre de 7 à 8 0/0 de cuivre.

On a activé ces derniers temps, les travaux des centres miniers de « Potrerillos » de transports coûteux jusqu'à la station du chemin de fer de « Pueblo Hundido » à Chanaral, circonstance qui rend difficile l'exploitation de ses abondants minerais de 12 à 15 0/0 et de « Pozos », ce dernier voisin de « Chañaral de Animas ».

Les mines « Tres gracias » (Pueblo Hundido) et « Carmen » continuent à donner de très fortes quantités de minerais pauvres (de 6 à 7 0/0) de gangue presque exclusivement ferrugineuse, très favorable pour les mélanges des lits de fusion.

Près de « Pueblo Hundido », à 7 km, il y a un an environ, on a ouvert de nouvelles mines et réhabilité d'anciens travaux, dans le centre minier de « Santo Domingo » (appartenant à Carlos II Vattier et Carlos Caceres), et on a mis à découvert des filons d'une très grande richesse et abondance en minerais d'oxydule de cuivre (Rosicler) et de bornites (sulfures gorge de pigeon).

Les centres miniers de « Chanaral de Animas » et du « Salado » ont augmenté leur production en minerais pyriteux de titres de 6 à 7 0/0 de cuivre, fournissant le principal élément sulfureux de toute la région.

A la limite de l'embranchement du chemin de fer de « Pueblo Hundido », dans la direction de « Puquios » c'est-à-dire à « Inca », on a reconnu et développé d'une façon remarquable les mines du centre minier de « l'Inca », produisant à la fois du cuivre et de l'or. Beaucoup de ces minerais, exploités par de nouvelles sociétés anonymes, ont donné jusqu'à 20 et 25 0/0 de cuivre et de 50 à 70 g d'or à la tonne. Il convient d'appeler sérieusement l'attention sur l'avenir de ce centre minier, dont la réelle importance a été reconnue seulement depuis peu de temps.

Au port de « Chañaral » les fonderies de « Animas Copper Mining and Smelting C° L^{d} » et de Besa et Cie continuent à fondre chacune de 120 à 150 t de minerais par 24 heures et l'usine de Besa et Cie termine en ce moment l'installation de convertisseurs.

Tout dernièrement. une société française, sur le rapport de l'éminent Ingénieur français Georges de la Bouglise (le fondateur de la société de Catemu), vient d'acheter les importantes mines de cuivre de Besa et Cie (mines de Chanaral Animas, la fameuse mine « Manto Verde » etc. etc.) et leur usine du port de Chanaral. Le capital de cette nouvelle société est de 4 millions de francs, dont 2 millions et demi pour l'acquisition des propriétés et 1 million et demi pour capital roulant.

Département de Copiapo. — Ce département occupe un des premiers rangs parmi les producteurs du cuivre et en 1903 il livrait plus de 40 000 t de minerais contenant près de 7 000 t de cuivre fin, production qui augmentera beaucoup, quand on aura fait le chemin de fer de 63 millles du centre minier du « Morado » au port de « Caldera » et qu'on aura développé davantage les mines de « Algarrobo » (dont la principale est la mine « Viuda ») dont on transportera bientôt les minerais jusqu'au port de « Caldera » par un chemin de fer de 40 km de longueur.

La mine « Dulcinea » de la Compagnie « Copiapo Mining C° » en 1903 a produit 14 850 t de minerais d'un titre moyen de 15,54 0/0. La profondeur de cette mine, produisant des pyrites depuis 200 m verticaux, atteint actuellement 800 m verticaux.

Les centres miniers de « Ojancos » (avec installations très pertionnées), Punta del Cobre « Cerro Blanco » etc., contribuent à la production de ce département.

Mentionnons aussi l'importante mine de « Chañarcillo ou Caseron » de M. Joaquin Santa-Cruz, située près de la ligne du che-

min de fer de Copiapo et de Caldera qui peut fournir d'*immenses* quantités de minerais pauvres de cuivre (de 4 à 5 0/0) avec gangues calcaires et ferrugineuses, précieuses pour les lits de fusion.

On termine, en ce moment dans le port de Caldera, pour le compte du progressiste industriel et capitaliste M. Augusten Edwards, et sous la direction du célèbre Ingénieur Manuel Antonio Prieto, une grande usine modèle « Sociedad Industrial de Atacama » pour la fonte des minerais de cuivre.

Le matériel de cette usine, provenant en grande partie des États-Unis, comprend des fours à manche rectangulaires pouvant fondre chacun 120 t de minerais par jour, des moteurs perfectionnés à gaz pauvres, etc. etc.

Vallenar-Freirina-Carrizal. — Il n'y a pas à signaler de nouvelles installations ni de nouveaux travaux importants dans cette région qui a eu une si grande importance au point de vue de la production des minerais de cuivre (Carrizal), d'or (Freirina), d'argent (Vallenar) et de manganèse (Carrizal).

Les mines de cuivre actuellement en bonne production sont celles de :

« Astillas » qui ont produit en 1903 :	3482	t de minerais de	6 °/₀.
« Fraguita »	—	400	—	20 °/₀.
« Verdes »		150		18 °/₀.

et 200 t de 20 0/0.

« Quebradita »		2 100		16 °/₀.

On s'occupe beaucoup, depuis peu de temps, de l'irrigation de terrains du département de Vallenar par des canaux pris sur le cours d'eau du « Huasco » et en profitant des eaux amoncelées dans les réservoirs construits dans la Cordillère (entreprise d'une importance considérable) et il est probable que cette nouvelle fortune agricole appellera l'attention des capitalistes sur les recherches minérales de la contrée.

Depuis quelques mois, en vue de la hausse du prix du manganèse, on a remis du travàil dans les mines de manganèse « Coquimbana » et « Negra » voisines de Carrizal.

Province de Coquimbo.

C'est dans cette province, qui réunit à la fois tous les éléments les plus favorables pour les mines et l'agriculture, que nous trou-

vons aussi de grandes innovations dans l'exploitation de mines et de traitement métallurgique et qu'il convient de rechercher et développer le plus les richesses minérales.

Argent. — On vient de constituer plusieurs sociétés pour reprendre les travaux des anciennes et célèbres mines d'argent de « Condoriaco », « Rodeito » et « Arqueros » (la seule mine qui ait produit « l'Arquerite » ou amalgame d'argent naturel). On ne peut encore se prononcer sur les résultats de ces nouveaux travaux.

Manganèse. — Si la hausse du prix du manganèse continue, on exploitera de nouveau les riches gisements de manganèse de « Corral Quemado » « Elqui » etc.

Fer. — C'est aussi dans cette province qu'on trouve les plus puissants et les plus riches gisements d'oxyde de fer, sous forme de péroxydes anhydres de 65 à 68 0/0 de fer métallique, oligistes, hématites etc., dans les centres miniers de « Huachalalume », « Juan Soldado », « Tofo », « Dorado » etc., et c'est de cette région que va tirer ses minerais, pour les transporter au Sud, la Société sidérurgique Française, dont je parlerai plus loin.

Cuivre. — Dans le centre minier de la « Higuera », continue à fonctionner l'usine de fonte de M. Félix Vicuna qui alimente cette usine avec les minerais provenant de ses importantes mines (d'un brillant passé et de beaucoup d'avenir) et avec des minerais achetés aux mines voisines.

Dans la même région une nouvelle Société anonyme travaille les mines de la succession Munoz, et y a fondé une usine de fonte.

Plusieurs de ces mines, entre autres « La Llanca » ont, ces derniers temps, retrouvé du bon minerai.

A « Pajonales », commune de Algarrobito, mine qui en 1903 a produit 5 000 t de 14 0/0, on augmente les travaux ainsi que dans un grand nombre d'autres petites mines, abandonnées au moment de la forte baisse du cuivre.

On va former une Société pour l'exploitation en grand des nines de « Algodones », mines très abondantes en minerais auvres.

Le centre minier de « Almendral », produisant par jour plus e 100 t de minerais pauvres (d'environ 2 1/2 à 3 0/0 le toutenant), alimente une grande usine de traitement par l'acide ılfurique (fabriqué à Guayacan, près Coquimbo) et grâce aux

efforts intelligents et à la constance de MM. Amenabar frères, entre en pleine voie de prospérité.

Dans le département de « Ovalle » le centre minier de « Panulcillo » (Central Chili Copper Company) avec ses mines de « Panulcillo », « Cerro Negro », « Cocinera » etc., et sa magnifique usine de fonte, est le plus producteur en cuivre de tout le Chili.

En 1903, on a fondu dans cette usine 40 000 t de minerais pour mattes, et on espère arriver à faire produire à cette usine environ 5 000 t de cuivre par an.

Jusqu'ici, avec tous les perfectionnements les plus modernes, on n'a encore produit que des mattes, qu'on expédie en Europe, mais on s'occupe de la transformation, sur place, de ces mattes en barres de cuivre.

On a remis du travail dans quelques mines de la région de « Tamaya » comme : « Las Tortolas », etc., et on s'occupe sérieusement de constituer une grande Société pour reprendre les travaux des fameuses mines de « Tamaya ».

Dans le département de Combarbala, on vient de former une Société appelée « Comunidad minera de Combarbala » pour exploiter les gisements de « Espejuelos », « Animas » et « Oregano », étudiés par l'Ingénieur J. Rachou, et qui présentent de bonnes perspectives.

A « Llaguin » (limite des départements de Illapel et Combarbala) on vient de reprendre les travaux des mines « Llaguin » et « Magdalena » de richesse et puissance de filons, bien connues.

Près de ces mines de « Llaguin » MM. Geisse continuent à travailler avec succès la mine du « Tongo » pour cuivre et or, ainsi qu'un grand d'autres mines dont ils fondent et traitent les minerais dans leurs usines de Illapel.

Cette région de Combarbala et de Illapel, une des plus minéralisés du Chili, est encore très peu reconnue et *doit appeler l'attention* de tous ceux qui s'intéressent aux questions de mines et métallurgie.

Province d' « Aconcagua. »

Petorca-Ligua. — On travaille avec quelque activité les mines de cuivre de M. Harnecker (« Las Gredas » qui en 1903 a produit 1 100 t de minerais de 5,2 0/0, « Los Maquis », 700 t de

4 1/2 0/0) et de la succession Cervero : mines « Padres » et « Fraguas » qui ont produit : 2661 t de 6 0/0, « Nipa » : 282 t de 25 0/0, etc.

On projette la construction de plusieurs Sociétés pour reprendre avec plus de vigueur ces mines et les usines de fonte de Cabildo.

Putaendo. — La « Société Française des Mines de cuivre de Catemu » qui, en 1903, fondait 16000 t de minerais de cuivre d'un titre d'environ 5,5 0/0, a développé ses mines, augmenté ses usines de fonte de la « Poza » et de « Melon », installé les convertisseurs, une grande usine de concentration etc., et en ce moment marche sur le pied d'une production variable entre 200 et 230 t de cuivre métallique par mois (on arrivera à 3000 t par an).

Comme, en dehors des bénéfices du domaine, le gain avec le prix actuel du cuivre (ce prix a été environ de 80 livres sterling la tonne, cette année) est très élevé, les dépenses par tonne de cuivre mise en Angleterre ne dépassant guère 51 livres sterling (en tout), la situation de cette Compagnie est très prospère.

Province de Santiago.

Les mines de cuivre de las « Condes » dont les principales sont toujours : « San Lorenzo » et « San Agustin », de MM. Elguin frères, ont exploité en 1903 : 2400 t de minerais de 23 0/0, fondus à l'usine de « Maitenes », fondée par le soussigné, qui, pour la première fois, y a installé les convertisseurs au Chili.

Les mines du « Volcan », de M. Gregorio Donoso continuent en pleine production de 1500 t par mois de minerais pyriteux de 6 à 7 0/0 avec une production d'environ 100 t de cuivre par mois, dans l'usine de fonte perfectionnée, avec forces hydrauliques, installée près des mines. C'est ce centre minier qui peut actuellement au Chili produire le cuivre le plus économiquement, et on arrivera certainement, au « Volcan », à produire la tonne de cuivre mise à Liverpool au prix maximum de 35 livres sterling.

Il convient d'appeler l'attention sur les résultats favorables, en vue de la possibilité de créer économiquement des forces hydrauliques de plusieurs milliers de chevaux, qui donneraient au « Volcan » les fours électriques pour fondre les minerais. C'est

à l'intelligence et à l'activité de M. Gregorio Donoso, le propriétaire de ces installations modèles, qu'est dû le succès de cette magnifique entreprise minière et métallurgique.

Plus au sud, comme récents travaux miniers pour cuivre, nous n'avons guère à citer que les travaux des mines de « El Teniente » (département de Rancagua) d'une très puissante Société américaine du nord « Branden Copper C° », négociation due à l'ingénieur Marcos Chiapponi,

Ce sont d'immenses gisements de minerais de cuivre de bas titre, situés dans des régions assez élevées, et il a fallu déjà faire des dépenses considérables pour la construction de routes carrossables jusqu'aux mines.

On va employer pour l'exploitation de ces mines et le traitement métallurgique (par fonte, concentration, etc,) des minerais, tous les procédés les plus perfectionnés et avec de puissants capitaux.

Ce sont les résultats de cette entreprise du « Teniente » qui vont résoudre au Chili, d'une façon pratique, le problème de *l'exploitation perfectionnée* de très grandes masses de minerais de cuivre de bas titre.

Dans les régions carbonifères de « Lota, Coronel, Aranco, Leba, » etc., on a continué à exploiter environ 900 000 t à 1 million de tonnes de lignites par an et dernièrement quelques nouvelles mines ont été ouvertes.

On a dans ces régions, comme du reste dans beaucoup d'autres régions du Nord, à lutter contre le manque de bras et il est à désirer que le gouvernement du Chili (qui s'en préoccupe déjà sérieusement) supplée à ce manque de bras par une immigration bien organisée.

Provinces de « Valdivia » et de « Puerto Montt. »

C'est dans cette région que la « Société Française Sidérurgique » (Société des hauts fourneaux, forges et aciéries du Chili) s'occupe actuellement d'installer ses hauts fourneaux et appareils sidérurgiques pour la production de fontes, fers, aciers, etc. avec les minerais de fer apportés du Nord.

Dans les régions australes comprises entre le 39e et 44e degré de latitude, on a fondé dernièrement un grand nombre de Socié-

tés anonymes, qui ont obtenu d'assez vastes territoires par achats ou concessions, dans le but d'exploiter ces terrains pour l'élevage, l'agriculture, les bois de construction, etc., et il est certain que la vie nouvelle introduite dans cette région y amènera la découverte de nouveaux centres miniers, surtout au point de vue de l'or.

Territoire de Magellan.

Depuis quelques années, grâce surtout à l'élevage prospère des moutons, ce territoire a fait des progrès remarquables.

Le port de « Punta Arenas » qui, il y a quarante ans n'était qu'une misérable colonie pénitentiaire avec quelques modestes bâtiments, est aujourd'hui une belle ville des plus florissantes, avec des constructions modernes en briques de grand luxe, éclairage électrique, service d'égouts, magnifiques magasins, etc. Pour donner une idée de la valeur actuelle des terrains dans cette ville, il suffit de citer le chiffre de $ 70 comme valeur du mètre carré de terrains vendus dans la ville.

En dehors de la prospérité croissante de l'élevage des moutons (un mouton qui valait $ 4 vaut aujourd'hui $ 8) du commerce de la laine (laquelle vaut aujourd'hui environ 1 sh. 2 d. la livre) il faut mentionner comme nouveaux éléments de richesse, l'exploitation des sables aurifères et de mines de cuivre, découvertes depuis peu.

Sables aurifères. — Depuis longtemps quelques Autrichiens avaient extrait de l'or sur quelques points du territoire, mais ce n'est que depuis 1898 que les découvertes de riches couches de sables aurifères aux îles de « Lenox » et « Navarino », au sud de la Terre de Feu, ont éveillé un réel enthousiasme et ont donné lieu à la formation d'un grand nombre de « Sociétés anonymes » dont quelques-unes au moins, ont beaucoup de chances de prospérer, en s'attendant à voir disparaître celles qui ont été formées, sans base suffisante d'études et explorations préalables.

Ces sables aurifères proviennent sûrement de l'érosion de couches terrestres, contenant de l'or généralement assez fin, que les vagues de la mer, dans leur va et vient, ont concentré sur certains points.

L'extraction de cet or, souvent mêlé à des sables très ferrugineux, présente de sérieuses difficultés, à cause de l'irrégula-

rité des gisements et la grande différence de niveaux entre les hautes et basses marées.

Dès 1903, il s'est formé trois Sociétés pour exploiter les vallées et cours d'eau de la grande île de la « Terre de Feu » : une anglaise, une argentine et une autre nord-américaine.

La plus importante de ces Compagnies est celle de Sutphen, qui avait alors une concession de 595 hectares sur les cours d'eau : « Oscar », « Rio de Oro » et « Verdé. » On a commencé les opérations en 1904, avec une drague, en exploitant des couches de 7 m d'épaisseur et donnant de 3 à 5 piastres par mètre cube.

Cette Compagnie a ouvert un chemin qui met en communication ses concessions avec le port « Porvenir » sur une longueur de 40 km.

Les travaux de ces gisements sous la surveillance de M. William Henry, ont sur d'autres points aussi, été dirigés par l'éminent Ingénieur Albert Burnstine.

La drague a une capacité de 1 500 m³ de matériel, avec six moteurs à vapeur, de 200 ch, employant 6 t de charbon anglais par vingt-quatre heures.

On construit plusieurs autres dragues à vapeur, dont trois vont être terminées.

Déjà en 1903 une campagne de six mois (le seul temps pendant lequel on peut travailler par an, à cause de la neige) a produit : 150 kg d'or.

Les derniers résultats des dragues nouvelles, pouvant laver 2 000 m³ de sables par 24 heures, ont donné un rendement net de un demi gramme d'or par mètre cube, avec un coût de : 7 cents (or américain) non pur par demi gramme et valant 25 cents le demi gramme, ce qui laisse une très jolie marge comme bénéfice.

Une drague, pendant une expérience de plusieurs jours, a produit une moyenne de 750 g d'or par 24 heures.

En dehors des dragues, on emploie aussi les abatages avec lances de Californie, les canaux de bois employés en Californie, Zélande et Australie etc., et divers lavages sur une petite échelle à la *batée*.

Parmi les autres concessions, je citerai le « Rio Oro » « Rosario » (très importante), « Honda », « Japonesa », « Lagunas », « Santa-Maria », « Oscar », etc. A la fin de la prochaine campagne d'été (1906-1907) on saura pratiquement les résultats des diverses installations de dragues.

La grande difficulté pour réaliser ce genre d'entreprises est d'être obligé de dépenser beaucoup de temps et d'argent pour les explorations et celles-ci ne sont jamais qu'approximatives ou erronées, en attribuant à de grandes masses cubées les titres moyens de prises d'essais sur des quantités limitées.

Tout est cher et difficile dans ces régions : La main-d'œuvre, pour de bons ouvriers spéciaux (autrichiens souvent) coûte de 1/4 et même jusqu'à 1 livre sterling par jour et pour se rendre sur les divers points du continent ou de la « Terre-de-Feu », il faut louer des petits vapeurs au prix de : $ 500 par jour !

Mines de cuivre.

Depuis deux ans on s'occupe sérieusement de la reconnaissance de gisements de cuivre à « Cutter-Cove » et en vue des bons résultats obtenus, on a formé dernièrement entre quelques puissants capitalistes une Société au capital de plusieurs millions de francs pour exploiter ces mines et y installer une usine de concentration et de fonte.

On active les travaux à peu de distance du rivage et actuellement ils sont sous la direction d'un ingénieur de grand renom et capacité. Un des principaux intéressés, M. S. Baumann, a bien voulu, comme d'autres intéressés à Punta-Arenas même, me communiquer quelques données sur ces importants gisements.

D'après le rapport de l'ingénieur bien connu M. Jackson, sur les mines de « Iendegaia » (canal de Beagle), ces mines seraient situées dans une anse bien abritée (longitude, 68°48′; latitude, 54°55′).

Les filons traversent des schistes amphiboliques (Hornblend Schist) avec un clivage de N 70 degrés E, et inclinaison de 50 degrés au sud.

Entre les diverses couches de schistes, à des distances de 20 à 50 m, on trouve des couches et filons à gangues de quartz d'une puissance moyenne de 1 m et atteignant quelquefois 5 et 10 m.

La tache métallique se compose de : sulfure de cuivre jaune, de sulfure gorge de pigeon (Bornite) avec pyrite de fer et carbonate de chaux.

Les titres du tout venant est d'environ 5 0/0 de cuivre.

Plusieurs échantillonnages ont donné : 7,32 0/0 de cuivre (gangue quartzeuse) et 8,02 0/0 (gangue marneuse).

Plus au sud et jusque près le « Cap-Horn » on a trouvé d'autres affleurements de mines de cuivre, dont j'ai vu de très beaux échantillons lors de mon passage à « Punta-Arenas » en mai de cette année.

Il serait intéressant, et probablement avec une perspective de succès, de constituer un syndicat puissant pour faire des travaux de reconnaissance dans toute cette région magellanique, qui, en vue de sa situation auprès de la mer ou de cours d'eau navigables, offre des conditions exceptionnellement favorables pour les travaux et les transports.

Perfectionnements généraux les plus récents et innovations en perspective.

Un des plus grands progrès réalisés ces derniers temps au Chili, a été l'installation de la sidérurgie ou métallurgie du fer, dans cette République.

Depuis plus de vingt ans j'ai poursuivi ce projet, en étudiant sur tout le territoire du Chili les éléments, minerais et combustibles, qui pouvaient permettre une solution pratique et économique du problème, j'ai fait également de nombreux voyages en Europe et dans l'Amérique du Nord pour étudier d'une façon comparative les installations sidérurgiques, ai fait de nombreuses conférences sur ce thème dans les centres d'ingénieurs en Europe et au Chili, ai publié de nombreux ouvrages et, il y a près de deux ans, ai pu obtenir le concours de grands industriels et capitalistes français pour faire contrôler mes études et en réaliser l'application.

La Société française, constituée surtout par les persévérants efforts de mon collègue et collaborateur M. E. Carbonel, après les vérifications faites par l'ingénieur J. Delaunay, se compose d'hommes éminents et pratiques, comme les directeurs du Creusot, directeurs de Banques, financiers et industriels de premier ordre, qui en assurent le succès.

Le Gouvernement chilien, après votes du Congrès, a donné à cette Société des avantages spéciaux, comme : garantie de l'intérêt du capital, primes de fabrication, concessions de forêts etc., ce qui permettra surtout, au début, de vaincre toutes les difficultés inhérentes à une grande industrie, nouvelle dans ces régions.

On installe au sud du Chili, dans les régions de forêts de

Valdivia et « Puerto-Montt » les hauts fourneaux et tout le matériel sidérurgique pour profiter des bois nombreux et de qualité exceptionnelle de ces régions, permettant la fabrication du charbon de bois des hauts fourneaux, et les minerais de fer seront apportés du nord et principalement de la province de Coquimbo.

Les frets de retour avec bois, céréales et marchandises, provenant du sud permettront de transporter économiquement les minerais du nord au sud.

C'est donc à la fois un grand triomphe pour le Chili, qui va prendre le premier rang industriel dans l'Amérique du Sud, par ses installations sidérurgiques et une gloire pour la France, à beaucoup de points de vue, pour être la nation qui aura introduit au Chili, la plus grande et la plus noble des industries.

Citons encore parmi les progrès réalisés ou en voie d'exécution : de nouvelles lignes de chemin de fer de est à ouest et l'avancement de la grande ligne de chemin de fer de nord à sud, à laquelle le nouveau Président élu est disposé à prêter la plus sérieuse attention.

L'amélioration des principaux ports du Pacifique.

La création de nouvelles compagnies nationales de vapeurs, pour le cabotage et pour l'étranger.

L'immigration de colons pour le sud et d'ouvriers spéciaux pour le nord.

La création, déjà réalisée et en très bonne voie, d'une Banque Minière (Banco Minéro), avec fonds nationaux et Conseil d'administration résidant à Santiago, pour faciliter le développement des mines et de la métallurgie.

La prochaine installation de fours électriques (Keller Leleux et Cie) pour la fonte des minerais et diverses applications métallurgiques.

L'installation, en voie d'exécution, de procédés électrolytiques pour le traitement des barres de cuivre, contenant toujours une certaine quantité d'or et d'argent.

Grandes installations de force puissantes hydrauliques, avec transport de la force par l'électricité, pour la traction de chemins de fer : entre Valparaiso et Santiago, entre Talca et Santiago, etc.

Applications au Chili de nouvelles inventions industrielles.

Il serait trop long ici d'énumérer tous les éléments du réel mouvement de progrès qui se manifeste actuellement au Chili et dont j'aurai soin de tenir au courant notre Société des Ingénieurs Civils.

C'est un devoir patriotique pour tout ingénieur français résidant à l'étranger, comme aussi un service rendu au pays qu'il habite, de faire connaître en France et dans les autres pays, ce qui se passe dans ces régions lointaines et appelées à un si grand avenir.

TABLE DES MATIÈRES

LES LOCOMOTIVES
A L'EXPOSITION DE LIÈGE
(1905)

PAR

M. A. HERDNER

INTRODUCTION

Trente-trois locomotives, dont trente-deux à vapeur, figuraient l'an dernier à l'Exposition de Liège. La trente-troisième était un petit tracteur électrique à accumulateurs de 10 ch, exposé par les Ateliers de Constructions électriques de Charleroi, et destiné aux charbonnages d'Amercœur.

L'importance relative de cette Exposition ressort des indications du tableau I :

Tableau I.

EXPOSITIONS	NOMBRE DE LOCOMOTIVES EXPOSÉES									
	A VAPEUR			SANS FEU		A AIR COMPRIMÉ		ÉLECTRIQUES		TOTAL
	Grandes lignes et banlieue de grandes villes.	Lignes secondaires, tramways et services spéciaux.								
	Voie normale	Voie normale	Voie étroite	Voie normale	Voie étroite	Voie normale	Voie étroite	Voie normale	Voie étroite	
Paris, 1855.	19	»	1	»	»	»	»	»	»	20
Londres, 1862 . . .	»	»	»	»	»	»	»	»	»	21
Paris, 1867.	»	»	»	»	»	»	»	»	»	34
Vienne, 1873. . . .	40	6	»	»	»	»	»	»	»	46
Paris, 1878.	22	17	14	1	»	2	2	»	»	58
Paris, 1889.	30	6	14	3	»	»	»	»	»	53
Paris, 1900.	55	3	10	»	»	»	»	4	2	74
Philadelphie, 1876 .	»	»	»	»	»	»	»	»	»	24
Chicago, 1893 . . .	50	6	6	»	»	»	»	»	»	62
Saint-Louis, 1904 .	34	2	4	»	»	»	»	»	»	40
Anvers, 1885. . . .	9	6	14	»	»	»	»	»	»	29
Liège, 1905.	23	4	5	»	»	»	»	»	1	33

N. B. — Ces chiffres ne comprennent ni les locomotives routières ni les voitures automotrices.

Le tableau II, relatif aux locomotives à vapeur, classe celles-ci non suivant la nationalité des exposants, mais suivant celle des constructeurs, de manière à faire ressortir la part contributive de chaque pays à chaque exposition. Il nous permet de constater tout d'abord que le nombre des pays ayant participé jusqu'ici à une exposition internationale de locomotives ne dépasse pas douze : le nombre de ceux qui sont effectivement outillés pour en construire ne dépasse vraisemblablement pas ce chiffre.

TABLEAU II.

Répartition, par pays d'origine, des locomotives à vapeur ayant figuré aux différentes Expositions.

PAYS D'ORIGINE	PARIS 1855	LONDRES 1862	PARIS 1867	VIENNE 1873	PHILADELPHIE 1876	PARIS 1878	ANVERS 1885	PARIS 1889	CHICAGO 1893	PARIS 1900	SAINT-LOUIS 1904	LIÈGE 1905
Allemagne	5	2	5	18	»	»	7	»	2	14	4	»
Angleterre	2	12	5	2	»	6	1	4	3	5	»	»
Autriche	2	2	3	12	»	2	»	»	»	6	»	»
Belgique	3	1	5	6	»	6	18	10	»	6	»	20
Canada	»	»	»	»	»	»	»	»	1	»	1	»
États-Unis	»	»	1	»	23	1	»	1	52	3	34	»
France	8	3	15	3	»	29	3	30	4	18	1	12
Hongrie	»	»	»	2	»	2	»	»	»	3	»	»
Italie	»	1	»	1	»	1	»	3	»	3	»	»
Russie	»	»	»	2	»	»	»	»	»	5	»	»
Suède	»	»	»	»	1	2	»	»	»	»	»	»
Suisse	»	»	»	»	»	4	»	2	»	5	»	»
TOTAUX	20	21	34	46	24	53	29	50	62	68	40	32
Nombre de pays représentés	5	6	6	8	2	9	4	6	5	10	4	2
Contribution minima	2	1	1	1	1	1	1	1	1	3	1	12

On remarquera également l'influence de l'éloignement et du prix de revient des transports sur la participation des différents pays. Cette influence est assez grande pour qu'il suffise de faire disparaître du tableau les chiffres égaux ou inférieurs à cinq pour transformer la plupart des expositions internationales en expositions seulement nationales. Aussi presque toujours la section indigène est-elle la plus importante. L'unique exception à cette règle se constate pour l'Allemagne qui, remarquablement outillée pour la construction et l'exportation des locomotives, n'a

cependant jamais organisé chez elle aucune exposition internationale de matériel de chemin de fer. Modestes, antérieurement aux événements de 1870, ses envois ont été, dans la suite, beaucoup plus importants, tout en restant rares, et c'est ainsi que, dès 1873, elle était représentée à Vienne par dix-huit locomotives, chiffre que n'avait atteint jusque-là aucun pays dans aucune exposition. L'Autriche elle-même n'avait réuni que douze machines, quatorze en y comprenant la Hongrie.

Enfin, si nous classons les différentes expositions dans l'ordre décroissant du nombre des pays représentés, nous constatons que le record est détenu, à ce point de vue, par l'Exposition de Paris 1900, à laquelle participaient *dix* nations différentes, dont aucune n'avait fourni moins de trois locomotives. Manquaient seuls le Canada, qui n'en a exposé que deux, et la Suède qui n'en a exposé que trois, en totalité, depuis plus de cinquante ans qu'on fait des expositions. Viennent ensuite l'Exposition de Paris 1878 avec *neuf* nations participantes, et celle de Vienne 1873 avec *huit* nations. A l'autre extrémité de la liste se placent, dans l'ordre chronologique, l'Exposition de Philadelphie 1876 où, en dehors d'une locomotive suédoise, on ne voyait que des américaines, et enfin l'Exposition de Liège 1905, où, en dehors des locomotives belges, on ne rencontrait que des locomotives françaises.

Ainsi, tandis que l'Exposition de 1900 nous permettait de comparer les usages, les méthodes et les tendances de dix pays différents — autant dire du monde entier — l'Exposition de Liège ne nous renseignait que sur la pratique de deux pays seulement, mais de deux pays qui occupent dans l'industrie des chemins de fer une place assez grande — et dont les méthodes sont encore assez variées — pour qu'il leur ait été possible, et facile, d'organiser, avec leurs seules ressources, une exposition des plus intéressantes et des plus instructives.

Or l'Exposition de Liège fut instructive au premier chef. D'une part, en effet, le pays qui y était le moins amplement représenté, la France, l'était par un groupe encore imposant de douze locomotives, et ce chiffre constitue, lui aussi, un record. D'autre part, on ne rencontrait à Liège aucune de ces locomotives éphémères, que les expositions font parfois éclore, et qui disparaissent avec elles, parce que leurs auteurs, hypnotisés par l'intérêt qu'il peut y avoir à satisfaire à telle ou telle condition particulière, ont généralement sacrifié l'essentiel à l'accessoire.

L'Exposition de Liège ne mérite donc à aucun point de vue le reproche qu'adressait naguère M. Mallet aux expositions antérieures, savoir : de ne renseigner que d'une manière incomplète, et souvent inexacte, sur la pratique des pays participants.

Notre intention n'est pas de décrire individuellement chacune des locomotives exposées. Déjà publiées dans la *Revue des Chemins de fer*, sous la signature de M. Schubert, Inspecteur au Chemin de fer du Nord (1), ces monographies ne nous dispenseraient pas de faire ressortir, pour conclure, les analogies et les dissemblances, ni de faire les rapprochements qui révèlent les tendances générales.

Il nous a paru préférable d'appliquer de prime abord la méthode comparative et de présenter au lecteur une série de tableaux synoptiques où nous grouperons successivement les éléments les plus importants des locomotives exposées et où celles-ci seront successivement étudiées au point de vue :

1° Du véhicule ;

2° De la production de la vapeur ;

3° De l'utilisation de la vapeur.

Cela ne nous empêchera pas, chemin faisant, d'examiner en détail les nouveautés intéressantes, telles que la chaudière Brotan, les différents types de surchauffeurs, la distribution Nadal, enfin la belle machine à deux bogies moteurs, conçue par M. du Bousquet, Ingénieur en chef du matériel et de la traction du Chemin de fer du Nord, et construite sous sa direction dans les Ateliers de La Chapelle et d'Hellemmes (2).

(1) *Revue générale des Chemins de fer*, février 1906.

(2) Nous exprimons ici aux Administrations de chemins de fer et aux Constructeurs tous nos remerciements pour l'obligeance avec laquelle ils ont bien voulu mettre à notre disposition les documents qui nous étaient nécessaires.

PREMIÈRE PARTIE

VÉHICULE

Ce sont les caractéristiques du véhicule qui contribuent dans la mesure la plus large à donner à une locomotive sa physionomie propre. Aussi les Américains ont-ils donné aux différentes combinaisons de roues accouplées et de roues porteuses des noms particuliers qui leur permettent de désigner d'un seul mot leurs types les plus usuels.

Voici, avec leur signification, les plus usités :

American		Deux essieux accouplés, bogie à l'avant ;
Atlantic.		Deux essieux accouplés, bogie à l'avant, essieu porteur à l'arrière ;
Mogul		Trois essieux accouplés, essieu porteur à l'avant ;
Prairie		Trois essieux accouplés, porteur à l'avant, porteur à l'arrière ;
Ten Wheel		Trois essieux accouplés, bogie à l'avant ;
Pacific		Trois essieux accouplés, bogie à l'avant, porteur à l'arrière ;
Consolidation. . .		Quatre essieux accouplés, porteur à l'avant ;
Mikado		Quatre essieux accouplés, porteur à l'avant, porteur à l'arrière ;
Mastodon		Quatre essieux accouplés, bogie à l'avant ;
Décapod		Cinq essieux accouplés, porteur à l'avant ;
Santa-Fé		Cinq essieux accouplés, porteur à l'avant, porteur à l'arrière ;
Mallet		Deux groupes de trois essieux accouplés.

De ces divers vocables nous utiliserons surtout celui d'***Atlantic***, un des premiers qui aient acquis droit de cité en Europe.

Locomotives a voie étroite.

De tous les éléments du véhicule, le plus important est à coup sûr celui qui lui est commun avec la voie sur laquelle il est destiné à circuler, c'est-à-dire la largeur de celle-ci mesurée entre les bords intérieurs des rails. Or, si nous classons les trente-trois locomotives exposées dans l'ordre croissant de cet élément (et c'est ce que nous avons fait sur le tableau III relatif aux locomotives à voie étroite), nous constatons que le record de l'exiguïté de la voie est détenu par le petit tracteur électrique à accumulateurs des Charbonnages d'Amercœur. Destiné à circuler dans des galeries souterraines d'un gabarit naturellement restreint, sa voie n'est que de 0,50 m. Il est porté par deux essieux, tous deux moteurs; le diamètre des roues est également de 0,50 m.

Tableau III.

Locomotives à voie étroite.

Numéro d'ordre	Largeur de la voie	Constructeur	Disposition des roues accouplées et porteuses	Diamètre des roues motrices	Empattement rigide	Poids	
						Maximum en service	Moyen adhérent
	m			m	m	t	t
1	0,50	Ateliers de Constructions électriques de Charleroi.		0,50	1,200	6 »	6 »
2	0,60	Société anonyme des Ateliers de construction de la Meuse		0,60	1 »	7 »	6,500
3	0,60	Société Decauville, à Petit-Bourg.		0,50	0,850	4,750	4 »
4	1 »	Société de Construction des Batignolles		1,23	3 »	38,500	30 »
5	1 »	Veuve Corpet et Louvet. .		1,06	2,280	24,800	18,300
6	1 »	Société Decauville, à Petit-Bourg.		0,80	1,720	14,500	13,400

Viennent ensuite deux locomotives à voie de 0,60 m, l'une, belge, exposée par la Société Anonyme des Ateliers de construction de la Meuse, l'autre, française, présentée par la Société des Ateliers Decauville. Toutes deux sont des locomotives-tenders. Toutes deux sont à adhérence totale et à deux essieux accouplés. La première a des roues de 0,60 m et pèse 7 t en charge,

la seconde, des roues de 0,50 m et ne pèse que 4,750 t en ordre de marche.

Après ces trois machines à voie très étroite, se placent trois locomotives à voie de 1 m. Toutes les trois sont françaises. Toutes les trois ont six roues accouplées. La plus forte, qui pèse 38,500 t en ordre de marche, est exposée par la Société de Construction des Batignolles et destinée aux Chemins de fer de l'Indo-Chine. Elle comporte un bogie à l'avant, et ses roues motrices ont 1,23 m de diamètre.

Les deux autres sont des locomotives-tenders dont l'une, pourvue d'un bissel à l'avant, est destinée aux Chemins de fer départementaux des Ardennes. Les diamètres de leurs roues motrices sont respectivement de 1,06 m et de 0,80 m.

Enfin, vingt-sept locomotives sont à voie normale de 1,445 m.

Locomotives pour services spéciaux.

Quatre de ces dernières sont des locomotives-tenders que leurs exposants ont dénommées locomotives industrielles, d'usine, de tramway. Elles font l'objet du tableau IV.

Tableau IV

Locomotives-tenders à voie normale pour services spéciaux.

Numéro d'ordre	Constructeur	Disposition des roues	Diamètre des roues motrices	Empattement	Poids en charge
			m	m	t
7	Ateliers John Cockerill, à Seraing.		0,700	1,800	17,700
8	Usine de Haine-Saint-Pierre		1,200	2,900	39 »
9	Société anonyme « La Meuse ».		1 »	2,750	37 »
10	Société anonyme « Saint-Léonard » à Liège. . .		0,930	2,500	27,600

Une d'elles, exposée par la Société John Cockerill, de Seraing, est à deux essieux accouplés de 0,70 m de diamètre. Sa chaudière est verticale et son faible empattement lui permet de passer dans des courbes de 15 m de rayon. Complétée par un treuil à vapeur, elle peut être utilisée comme locomotive de manutention.

Les trois autres, également belges toutes les trois, sont à trois essieux accouplés. La plus forte, de 39 t en charge, est exposée par les Usines de Haine-Saint-Pierre. Elle est destinée à faire le service des combustibles sur l'embranchement de Bois-du-Luc (Belgique).

La seconde, de 37 t en charge, figurait dans le stand de « la Meuse ». Elle a été acquise par la Société du Chemin de fer de Guē à Menaucourt près Saint-Dizier.

Enfin, la troisième, pourvue d'une toiture et dont le mécanisme est entouré de tôles protectrices, est une locomotive de tramway, construite par la Société de Saint-Léonard et exposée par la Société nationale des Chemins de fer vicinaux.

Locomotives de grandes lignes.

Après avoir ainsi détaché de l'ensemble :

1° Le groupe des six locomotives à voie étroite;

2° Celui des quatre locomotives pour services spéciaux ;

nous restons en présence de vingt-trois locomotives de grandes lignes: huit françaises et quinze belges. Elles font l'objet du tableau V.

Des huit françaises, deux sont exposées par la Compagnie du Nord. Les six autres grands réseaux français sont représentés chacun par une machine. Au point de vue des constructeurs, la représentation est moins complète ; cependant ces huit locomotives sortent de six ateliers différents.

Des quinze belges, une est exposée par le Chemin de fer du Nord belge. Les quatorze autres appartiennent toutes à l'État belge. Si on se place au point de vue des constructeurs, on constate que l'exposition belge, considérée dans son ensemble et abstraction faite du tracteur électrique dont il a été antérieurement question, est l'œuvre collective de l'État belge, du Nord belge et de douze constructeurs différents. Chacun de ces douze constructeurs est représenté dans le groupe des quatorze locomotives de l'État belge. Trois de ces dernières étant construites par la maison John Cockerill, il en résulte que les onze autres sortent de onze ateliers différents.

Nous verrons plus loin que des quatorze locomotives de l'État belge, trois seulement sont compound. Ce sont précisément celles qui sortent des ateliers Cockerill. La locomotive du Nord belge qui est compound ayant été construite dans les mêmes

TABL

Nº D'ORDRE	ADMINISTRATION PROPRIÉTAIRE	TYPE	NUMÉRO	CONSTRUCTEUR
1	2	3	4	5
11	État belge	18	3191	« La Métallurgique » à Tubize.
12	—	18	3190	Société anonyme des Usines de Haine-Saint-P
13	—	Atlantic	3312	Société anonyme J. Cockerill, à Serain
14	—	15	1060	Ateliers du Thiriau, à La Croyère.
15	—	15	1061	Zimmermann, Hanrez et Cie, à Monceau-sur-S
16	Nord français	Atlantic	2659	Société Alsacienne de Constr. mécaniq., à B
17	État français.	»	2754	Schneider et Cie, au Creusot.
18	État belge	à 4 cyl. égaux	3303	Société anonyme « La Meuse », à Sclessi
19	—	19	3304	Société anonyme J. Cockerill, à Serain
20	—	19 *bis*	3293	Société anonyme J. Cockerill, à Serain
21	Nord belge.	»	362	Société anonyme J. Cockerill, à Serain
22	État belge	35	3233	Société « Énergie », à Marcinelle.
23	—	35	3221	Société Franco-Belge, à La Croyère.
24	—	32	3142	Chantiers Nicolaïeff, à Bouffioulx.
25	—	32	3143	Société Saint-Léonard, à Liège.
26	Compagnie P.-L.-M. . .	»	2604	Schneider et Cie, au Creusot.
27	Ouest français	»	2722	Société de Construction des Batignolles
28	Compagnie P.-O.	»	4023	Société Alsacienne de Constr. mécaniq., à B
29	Est français	»	3610	Ateliers de la Compagnie, à Épernay.
30	État belge	23	792	Société anonyme de Marcinelle et Couill
31	—	23	793	Société anonyme des Ateliers de Constr. de
32	Midi français.	»	4012	Société Franç. de Constr. mécan., à Denai
33	Nord français.	»	6121	Ateliers de la Compagnie.

DISPOSITION s ROUES ACCOUPLÉES ET PORTEUSES	DIAMÈTRE DES ROUES	EMPATTEMENT RIGIDE	EMPATTEMENT TOTAL	ALTITUDE de l'axe du corps cylindrique de chaudière	OBSERVATIONS
6	7	8	9	10	11
	m	m	m	m	
OO o–o	1,98	2,895	7,187	2,440	»
OO o–o	1,98	2,995	7,277	2,440	Avec surchauffeur.
o OO o–o	1,98	4,540	8,640	2,700	Compound.
o OO o–o	1,80	4,500	8,434	2,470	Locomotive-tender.
o OO o–o	1,80	4,300	8,551	2,470	Avec surchauffeur, locom.-tender.
o OO o–o	3,04	4,550	8,500	2,520	Compound.
OO o–o	2,02	2,700	7,250	2,300	Compound.
OOO o–o	1,98	4,320	8,745	2,805	Avec surchauffeur.
OOO o–o	1,98	4,310	8,465	2,890	Compound et surchauffeur.
OOO o–o	1,80	4,100	8,200	2,890	Compound et surchauffeur.
OOO o–o	1,75	3,900	7,550	2,420	Compound.
OOO o–o	1,70	3,800	7,900	2,650	Avec surchauffeur.
OOO o–o	1,60	3,800	7,900	2,600	Avec surchauffeur.
OOO	1,32	4,572	4,572	2,410	»
OOO	1,52	4,572	4,572	2,530	Avec surchauffeur.
OOO o–o	2,00	4,780	8,530	2,600	Compound.
OOO o–o	1,94	4,300	8,220	2,520	Compound.
OOO o–o	1,80	4,200	8,250	2,700	Compound.
OOO o–o	1,75	4,100	8,150	2,530	Compound.
OOOO	1,262	4,300	4,300	2,357	Locomotive-tender.
OOOO	1,262	4,300	4,300	2,357	Locomotive-tender.
OOOO o	1,400	4,900	7,050	2,600	Compound.
OO o o OOO	1,455	3,470	12,590	2,800	Compound.

ateliers, on peut dire que toutes les locomotives compound belges sont signées Cockerill. Réciproquement et si on fait abstraction de la petite locomotive à chaudière verticale qui figurait dans le stand de Seraing, toutes les locomotives signées Cockerill sont compound.

Dans le tableau V, les vingt-trois locomotives de grande ligne ont été classées dans l'ordre croissant du nombre de leurs essieux accouplés, subsidiairement d'après la nationalité du constructeur et finalement dans l'ordre décroissant du diamètre des roues motrices.

A première vue, ce tableau semble comporter, du côté belge, de nombreux doubles emplois. La plupart cependant ne sont qu'apparents, des machines semblables quant au véhicule différant essentiellement entre elles par le mode d'utilisation de la vapeur. Celle-ci peut être saturée ou surchauffée; elle peut travailler à simple expansion ou suivant le mode compound : de là quatre modes d'emplois distincts qui se retrouvent tous les quatre sur les locomotives de l'État belge et permettent de les différencier quand les autres éléments sont identiques. Seules les deux locomotives à quatre essieux accouplés n°s 792 et 793 sont semblables et ne diffèrent effectivement que par le numéro et le nom du constructeur.

Remarque.— Il est d'usage en France, en matière de numérotation des locomotives, de réunir en un seul nombre le numéro du type et le numéro de l'exemplaire. Le plus souvent le nombre des centaines désigne le type, et le nombre formé par les dizaines et les unités désigne l'exemplaire. Souvent même le chiffre des mille indique le nombre des essieux accouplés. Des règles analogues n'étant pas appliquées en Belgique, on a dû recourir à une numérotation spéciale pour la désignation des types. Les numéros des types des locomotives belges sont portés dans la colonne 3.

Abandon des locomotives a essieux indépendants.

Il y a longtemps que les locomotives à essieux indépendants ont cessé de répondre aux conditions d'exploitation des lignes continentales, et leur absence à Liège ne retiendrait pas autrement notre attention, si le souvenir des élégantes machines exposées à Paris en 1889 et tout récemment encore, en 1900, par

la Compagnie du Midland, n'autorisait nos lecteurs à se demander jusqu'à quel point cette absence n'a pas pour unique cause l'abstention des Compagnies anglaises. Les rapports annuels de M. Rous Marten nous permettent de répondre à cette question d'une façon péremptoire : Les dix dernières locomotives à roues libres construites en Angleterre l'ont été en 1901, pour la Compagnie du Great Northern, sur les plans de M. Ivatt. Depuis cette époque et malgré le légitime succès de ces machines, considérées comme les plus perfectionnées du genre, les Ingénieurs anglais semblent avoir définitivement renoncé à un type de locomotive dont ils auront été les derniers à se séparer, avec un regret d'ailleurs manifeste, mais dont il est juste de reconnaître qu'ils avaient su tirer un remarquable parti.

Évolution de la locomotive a grande vitesse. Causes de cette évolution.

Donc, en Angleterre, comme en Belgique et comme en France, on accouple les essieux des locomotives à grande vitesse. On ne se contente même plus d'en accoupler deux, et il est visible que les machines à deux essieux accouplés, qui ont remplacé à peu près partout les machines à essieux indépendants, tendent à céder la place à leur tour, sur un grand nombre de lignes, à des machines à trois essieux accouplés.

Notre tableau V reflète cette tendance. De beaucoup les plus nombreuses, presque toutes pourvues d'un bogie, les locomotives à trois essieux accouplés qui figuraient à Liège se font, en effet, remarquer par les grandes dimensions des roues de plusieurs d'entre elles qui n'ont rien à envier sous ce rapport aux locomotives à deux essieux accouplés.

Il n'y a plus à se le dissimuler : l'évolution de la locomotive à grande vitesse entre dans une nouvelle phase qui, comme les précédentes, a son origine dans l'accroissement incessant du tonnage de nos express. Diverses causes concourent à cet accroissement ; mais le développement normal du trafic n'a pas joué ici le rôle qu'on serait tenté *a priori* de lui attribuer. Si les trains rapides ont toujours été en s'alourdissant, cela tient surtout à l'augmentation progressive du poids mort remorqué par place offerte, c'est-à-dire au progrès continu de la sécurité et du confort assurés aux voyageurs. En fait, la puissance des machines et le poids mort remorqué par place offerte ont grandi parallèlement.

Aussi, par ceux de nos rapides qui sont aujourd'hui composés de matériel à bogies, nos fortes locomotives modernes, avec leurs 3 m² de grille, leurs 16 kg de pression en chaudière, leurs 4 cylindres et leurs 18 t de charge par essieu (toutes choses qui ont permis de tripler leur puissance), ne remorquent-elles guère plus de voyageurs que ne faisaient les Crampton par les express d'autrefois. Si parfois elles en remorquent davantage, c'est surtout grâce à l'introduction des deuxièmes classes dans les trains considérés.

Reportons-nous, en effet, à une quarantaine d'années en arrière, c'est-à-dire à l'époque où la grande vitesse, qui d'ailleurs n'excédait pas 65 km à l'heure, était l'apanage des machines à roues libres, disons des Crampton pour les réseaux situés à l'est du méridien de Paris. Les trains express ne comportaient alors que des voitures de première classe, généralement à deux essieux, à trois compartiments de huit places chacun. Que pesaient ces voitures? Ici, nous laissons la parole à Couche :

« En Angleterre comme en France, dit-il en 1873, le poids » des voitures a suivi une progression assez rapide. Une voiture » de première classe à trois compartiments de huit places ne » pesait, il y a quelques années, guère plus de 5 t. En remontant » plus haut, on trouve des poids bien plus faibles encore ; les » anciennes voitures de première classe du Chemin de fer d'Orléans, par exemple, ne pesaient guère que 3,350 t toujours » pour vingt-quatre places; aujourd'hui, ce poids atteint et dé- » passe 6 t. Sur le réseau de Paris à la Méditerranée, les poids » sont compris entre les limites suivantes :

» Voitures à quatre roues :

» Première classe, 5 250 à 6 050 kg. Poids mort par place 219 » à 252 kg.

Le poids moyen d'un voyageur étant d'environ 75 kg, le poids total remorqué par place occupée en première classe variait ainsi entre 295 et 327 kg.

Depuis lors, bien des progrès ont été réalisés : d'abord les caisses ont été élargies. Puis on a vu apparaitre successivement les freins continus, les appareils d'intercommunication, les cabinets de toilette, les couloirs, les soufflets d'intercirculation, le chauffage à la vapeur, l'éclairage au gaz ou à l'électricité, enfin en dernier lieu les bogies qui sont au premier chef un élément de confort et de sécurité. Qu'en est-il résulté pour le poids mort? De 219 kg, il s'est progressivement élevé jusqu'à 774 kg au Nord,

à 870 au P.-L.-M., à 920 au P.-O. Il atteint même 969 kg dans la belle voiture de première classe que la Compagnie de l'Est avait envoyée à Liège (1). Le poids total remorqué par place occupée en première classe est donc aujourd'hui très voisin de la tonne ; déjà même il la dépasse. On peut dire qu'en moyenne il a triplé depuis quarante ans.

La progression a été un peu moins rapide en deuxième classe où le poids mort a néanmoins passé de 140 à 524 kg (Nord), et en troisième classe où de 121 kg il a passé à 438 kg (P.-L.-M.). Par contre, la tare des fourgons a passé de 6 t à 26 t, alors que leur capacité n'a augmenté que dans une bien moindre proportion. D'ailleurs, la plupart des rapides de jour comportent aujourd'hui un wagon restaurant, ceux de nuit un wagon-lits, quelquefois deux. On n'est donc pas encore très loin de la vérité en disant d'une manière générale que, pour un même nombre de voyageurs transportés, les trains rapides ont vu tripler leur tonnage.

Il est vrai que la résistance spécifique de ces trains a été fortement atténuée, grâce à des conditions de roulement meilleures et à l'emploi de voitures plus longues permettant de donner à l'air moins de prise. Mais comme, d'autre part, les vitesses ont grandi à peu près dans le rapport inverse (2), on arrive à cette conclusion que, pour transporter aujourd'hui dans un train rapide et sur lignes de niveau le même nombre de voyageurs qu'il y a quarante ans, il faut une locomotive d'une puissance à peu près triple, capable de remorquer à une plus grande vitesse une charge également triple, mais devenue plus roulante.

Or, pour démarrer une charge triple, il faut pouvoir développer, toutes choses égales d'ailleurs, un effort de traction triple. On ne peut pas dire, dans l'espèce, que toutes choses sont égales, puisque les résistances ont diminué ; mais, cette diminution étant compensée, en fait, par l'accroissement de la force vive à imprimer au train, pendant un même laps de temps, un effort de traction triple est néanmoins nécessaire, et on s'explique ainsi

(1) Il s'agit ici d'une voiture à couchettes. Lorsque les couchettes sont utilisées, le nombre des places étant réduit de trente-six à vingt-huit, le poids mort par voyageur s'élève à 1 246 kg.

(2) D'après Vuillemin, Guebhard et Dieudonné, la résistance par tonne de train express était autrefois, en palier et à la vitesse de 65 km à l'heure, d'environ 8,30 kg. A la vitesse de 92 km, courante aujourd'hui pour les rapides, la résistance par tonne de voiture à bogies n'est plus, d'après la formule de M. Barbier, que de 5,88 kg. La puissance absorbée par la remorque d'une tonne, en palier, est sensiblement la même dans les deux cas.

qu'après avoir demandé à l'ensemble de deux essieux accouplés, de plus en plus chargés, le maximum de l'adhérence dont ils paraissent susceptibles, on soit conduit aujourd'hui — si peu qu'on veuille encore augmenter les efforts — à en accoupler un troisième (1).

Locomotives a grande vitesse pour lignes accidentées.

Toutes les machines à trois essieux accouplés et à bogie qui figurent au tableau V n'ont cependant pas été faites pour les très grandes vitesses. En particulier, celles dont les roues motrices ont un diamètre inférieur à 1,80 m ne sauraient sans inconvénient les réaliser systématiquement. Elles présentent plutôt le caractère de locomotives d'express pour lignes accidentées. Disposant d'un poids adhérent assez grand pour pouvoir utiliser leur puissance à une vitesse réduite et, par suite, pour pouvoir remorquer sur les rampes des tonnages importants, elles peuvent atteindre, d'autre part, grâce aux dimensions de leurs roues et au bogie dont elles sont pourvues, des vitesses assez élevées sur les pentes et sur les parties faciles du profil parcouru. D'ailleurs, le diamètre moyen de leurs roues motrices leur permet d'utiliser économiquement la vapeur à des vitesses relativement réduites comme à des vitesses déjà élevées.

Considérations sur la genèse de la locomotive a grande vitesse a six roues accouplées. — Problème de Montréjeau.

Deux origines différentes peuvent donc être assignées à la locomotive à grande vitesse à six roues accouplées. On peut la considérer, d'une part, comme dérivant de la locomotive à grande vitesse à deux essieux accouplés, par l'accouplement d'une troi-

(1) En fait, le poids adhérent des anciennes Crampton du Nord et du P.-L.-M. atteignait déjà 12,600 t, alors que celui des machines à grande vitesse actuelles ne dépasse généralement pas 34 t. La progression du poids adhérent a donc été un peu moins rapide que celle des poids remorqués. Cela peut s'expliquer, d'une part, par ce que le poids propre des locomotives n'a pas grandi en proportion de leur puissance, d'autre part, par ce que les locomotives compound modernes ont un coefficient d'adhérence un peu plus élevé que les anciennes locomotives à simple expansion.

La charge des Crampton en question était, sur lignes de niveau, de 108 t à la vitesse de 65 km à l'heure. En défalquant 18 t pour les deux fourgons, il restait place pour $\frac{90}{7,5} = 12$ voitures, soit 288 voyageurs de première classe. Les Atlantic modernes remorquent aisément, à la vitesse de 90 km, 9 véhicules d'un poids moyen de 36 t en charge : si on défalque le fourgon et le wagon-restaurant, il reste place pour $7 \times 42 = 294$ voyageurs de première classe.

sième paire de roues lui permettant d'affecter un supplément de puissance à la remorque d'un supplément de charge. On peut la concevoir, d'autre part, comme dérivant de l'ancienne machine à six roues accouplées et à adhérence totale qui seule, autrefois, desservait les lignes de montagne et que, par l'addition d'un bogie et l'augmentation du diamètre de leurs roues motrices, on a voulu rendre capable de réaliser de plus grandes vitesses.

C'est cette deuxième origine qui, en France tout au moins, doit être considérée comme la vraie : née dans la montagne, la machine à grande vitesse à six roues accouplées n'est que plus tard descendue dans la plaine ; mais, au fur et à mesure qu'elle s'en rapprochait, le diamètre de ses roues allait en augmentant. Quelques explications à cet égard ne seront pas inutiles.

Il n'est pas rare que l'on rencontre sur le parcours d'un express des tronçons de ligne plus ou moins étendus comportant des rampes notablement plus fortes que celles que présentent les autres parties du parcours.

Tel est déjà, bien que très atténué, le cas de la section à rampes de 8 mm par mètre qui s'étend entre Tonnerre et Dijon et sur laquelle les machines Crampton affectées jadis à la traction des trains express entre Paris et Lyon ont dû, dès le début, céder la place à des machines d'un plus grand poids adhérent. Aujourd'hui que les Crampton sont remplacées par de fortes machines à deux essieux accouplés dont toute la puissance est utilisée sur les parties faciles du parcours, il y a intérêt à remorquer les express entre Tonnerre et Dijon par des locomotives encore plus puissantes, susceptibles de développer, sinon à la même vitesse, du moins à une vitesse peu inférieure, un effort de traction notablement plus grand. C'est précisément en vue de ce service spécial qu'a été créé le type de locomotive à trois essieux accouplés et à roues de 2 m. de diamètre dont la Compagnie P.-L.-M. a envoyé un spécimen à Liège. Il figure sur notre tableau V sous le numéro 26.

Dans des cas analogues, et *a fortiori* lorsque les différences de profil sont plus accentuées, on doit évidemment renoncer à appliquer la règle usitée en profil uniforme, qui consiste à remorquer d'un bout à l'autre du parcours, une *même* charge, à une *même* vitesse, autant que possible avec une *même* machine, dont on utiliserait *constamment* la puissance maxima.

En sacrifiant à tour de rôle chacune des quatre conditions

ainsi exprimées, on arrive aux quatre solutions *primaires* suivantes :

1° On peut conserver la même charge et la même machine d'un bout à l'autre du parcours, en réduisant la vitesse sur les rampes. Tout indiquée lorsque celles-ci sont faibles, cette solution suppose, dans tous les cas, que l'on dispose d'un poids adhérent suffisant;

2° Si on emploie des locomotives très puissantes, on peut se proposer de conserver de bout en bout la même charge, la même vitesse et la même machine. Mais alors la puissance de celle-ci sera incomplètement utilisée sur les sections à faibles déclivités et cela d'autant plus que les autres comporteront des rampes plus fortes;

3° Si les sections consécutives diffèrent notablement l'une de l'autre, il peut être avantageux d'employer sur chacune d'elles une locomotive différente, d'un type approprié au profil à parcourir et à la vitesse qu'on désire réaliser. Ce système est en principe le plus rationnel, mais il présente parfois l'inconvénient de trop morceler les parcours et de conduire ainsi à une utilisation médiocre de l'effectif des machines et du personnel;

4° On peut employer une machine de renfort ou même dédoubler le train : solutions onéreuses qui souvent s'imposent quand les profils des deux sections considérées sont très différents.

En sacrifiant simultanément deux des quatre conditions énoncées on obtient des solutions *secondaires* dont quelques-unes sont d'un usage fréquent dans la pratique. C'est ainsi qu'on peut :

5° Conserver de bout en bout la même machine et la même charge et renoncer à la fois à la constance de la vitesse et à la complète utilisation de la puissance de la machine sur les parties faciles du parcours;

6° Changer de machine à l'origine de la section en forte rampe, tout en réduisant la vitesse sur cette section;

7° Recourir à la machine de renfort ou dédoubler les trains et néanmoins réduire la vitesse.

Etc.

La recherche de la solution la plus appropriée aux circonstances est ce qu'on appelait autrefois, sur le réseau du Midi, le *problème de Montréjeau*. Cette station marque, en effet, sur la ligne de Toulouse à Bayonne, la limite commune de deux sections fort dissemblables. Entre Toulouse et Montréjeau, sur un parcours de 104 km, la ligne peut être assimilée à une rampe

continue dont l'inclinaison croîtrait progressivement de zéro à 6 mm par mètre. Entre Montréjeau et Pau, elle comporte non seulement des déclivités de 15 à 16 mm régnant parfois sur d'assez longs parcours, mais encore une pente de 32 mm par mètre sur laquelle un service spécial de renfort est établi. La transition est d'ailleurs très brusque, Montréjeau étant situé au pied d'une rampe de 15 à 16 mm par mètre d'un développement de 15 km.

Il y a une dizaine d'années, le problème de Montréjeau fut résolu, pour la seconde fois, par la création d'un type de locomotive capable de remorquer sur la section la plus difficile, à une vitesse aussi peu réduite que possible, toute la charge que pouvaient amener de Toulouse à Montréjeau des locomotives à grande vitesse à deux essieux accouplés et à simple expansion. C'est la sixième des solutions que nous venons d'indiquer. Il s'agissait de réaliser la vitesse minima de 50 km à l'heure en rampe de 15 mm par mètre avec une charge de 160 t. Telle est l'origine de la locomotive compound à quatre cylindres, à six roues accouplées de 1,75 m de diamètre et à bogie, n° 1301, de la Compagnie du Midi. Cette machine, qui figura en 1897 à l'Exposition de Bruxelles et en 1900 à celle de Paris, est le prototype des locomotives compound à six roues accouplées que toutes les Administrations françaises ont successivement mises en service et dont les locomotives 26 à 29 du tableau V sont les spécimens les plus récents. La Compagnie du Nord fut la première à l'adopter, en 1897. Elle l'adopta sans modification essentielle, et comme la locomotive 362 du Nord belge (n° 21 du tableau V) est identique aux locomotives 3121 du Nord français, on peut dire que cette locomotive 362 reproduit presque exactement les caractéristiques de la locomotive 1301 du Midi.

Or, il arriva ceci : lorsqu'on eut constaté la facilité avec laquelle ces nouvelles locomotives pouvaient atteindre et soutenir sans inconvénient des vitesses assez grandes (1), on désira

(1) M. Rous-Marten, dans un article paru en novembre 1905 dans le *Bulletin du Congrès international des Chemins de fer*, cite le cas d'un parcours de 311,8 km (Exeter à Londres) couvert en 3 h. 16 m. par la locomotive à six roues accouplées n° 100 du *Great Western* et sur lequel une vitesse maxima de 142 km fut atteinte. La machine Albion, n° 171, de la même Compagnie, également à six roues accouplées, a couvert en 25 minutes et 5 secondes le parcours de 47,9 km compris entre Swindon et Bath. La charge remorquée était dans chaque cas de 345 t. « Des performances comme ces deux-là, ajoute M. Rous-Marten, prouvent que loin d'être insuffisantes au point de vue de la vitesse, comme on le prétend souvent, les machines à six roues couplées peuvent soutenir la lutte avec les plus rapides de leurs rivales à quatre roues couplées ou à roues libres. »

FIG. 3. — Locomotive n° 362 du Nord belge.

utiliser leurs qualités sur des lignes moins accidentées, non seulement aux trains accélérés de marchandises, mais encore aux trains express et rapides de voyageurs et lés douze premières machines de la Compagnie du Midi n'étaïent pas livrées que déjà on abandonnait la sixième solution pour appliquer la cinquième, en leur faisant remorquer les trains de Toulouse à Pau en une seule traite de 218 km. Lorsque la progression des tonnages conduira à mieux utiliser la puissance de ces machines sur la première partie du parcours, il ne sera évidemment plus possible de soutenir sur les rampes de la seconde une vitesse de 50 km. Le problème de Montréjeau se posera donc de nouveau : et il en sera ainsi indéfiniment. Les lignes à fortes rampes auront toujours tort. Elles ne constitueront jamais, au point de vue des grandes vitesses comme au point de vue d'un trafic intense, qu'un outillage de second ordre dont l'infériorité se manifestera de plus en plus à mesure qu'on emploiera des locomotives plus puissantes, surtout si on complique ces rampes, comme on l'a fait trop souvent dans ces derniers temps, de courbes trop raides, de 200 m ou même de 150 m seulement de rayon.

Poids des locomotives exposées.
Remarque sur le coefficient d'adhérence.

Le tableau VI donne les renseignements relatifs aux poids des 23 locomotives de grande ligne. Les surfaces de grille et les efforts de traction théoriques n'ont été portés sur le même tableau que pour la justification de trois coefficients intéressants : poids total par mètre carré de grille; poids adhérent par mètre carré de grille ; poids adhérent par tonne d'effort de traction théorique maximum. Nous y avons fait figurer aussi, accessoirement, l'effort de traction théorique maximum par mètre carré de grille.

Les poids enregistrés sont en général considérables. En particulier, les charges sur rails correspondant aux essieux moteurs et accouplés dépassent sensiblement celles que présentaient, aux expositions antérieures, les locomotives du continent européen. Du côté français, le maximum est donné par la machine à six roues accouplées de la Compagnie d'Orléans pour laquelle la charge en question est de 18 t. Du côté belge, elle atteint 18,500 t pour la Compound du type 19 et même 18,640 t pour l'Atlantic. Comparées à celles qu'on pratiquait en Europe il y a seulement trente ou trente-cinq ans, ces charges présentent

NUMÉROS D'ORDRE	ADMINISTRATION PROPRIÉTAIRE	TYPES	SURFACE de grille	EFFORT DE TRACTION THÉORIQUE absolu		EFFORT DE TRACTION THÉORIQUE par mètre carré de grille		POIDS à vide	ESSIEU porteur AR	ESSIEUX ACCOUPLÉS AR	
1	2	3	4	5		6		7	8	9	
			m²	t		t		t	t	t	
11	État belge . . .	18	2,07	10,400		5,024		48,800	»	18,000	
12	— . . .	18	2,07	11,190		5,405		51,300	»	17,100	
13	— . . .	Atlantic	3,08	10,515	13,684	3,414	4,420	67,420	16,580	18,640	
14	— . . .	LT 15	2,32	8,120		3,226		53,000	12,300	17,000	
15	— . . .	LT 15	2,32	9,280		3,682		55,000	12,400	17,400	
16	Nord français .	»	2,76	9,074	11,706	3,287	4,241	61,550	15,330	16,570	
17	État français . .	»	2,00	7,051	8,834	3,525	4,417	49,790	»	15,520	
18	État belge . . .	à 4 cylindres égaux	3,01	16,770		5,571		76,500	»	17,500	17,500
19	— . . .	19	3,01	11,260	15,090	3,740	5,013	77,200	»	18,000	18,000
20	— . . .	19 *bis*	3,01	12,385	16,543	4,114	5,496	75,500	»	17,000	17,000
21	Nord belge. . .	»	2,38	10,718	13,581	4,503	5,706	56,425	»	14,900	14,700
22	État belge . . .	35 à roues de 1m7	2,84	15,180		5,345		64,250	»	17,120	17,500
23	— . . .	35 à roues de 1m6	2,84	16,130		5,679		»	»	»	»
24	— . . .	32	2,52	12,800		5,079		43,800	»	15,800	16,200
25	— . . .	32	2,52	14,580		5,785		45,800	»	16,200	16,600
26	Cie P.-L.-M. . .	»	3,00	9,293	11,700	3,090	3,900	63,200	»	16,850	[illegible]
27	Ouest français .	»	2,45	9,319	12,050	3,803	4,918	59,000	»	15,560	15,400
28	Paris-Orléans. .	»	3,10	11,254	14,645	3,630	4,724	67,600	»	18,000	18,000
29	Est français . .	»	2,57	10,000	13,800	3,891	5,369	63,415	»	16,445	[illegible]
30	État belge . . .	LT 23	2,237	13,570		6,066		51,260	»	17,200	17,200
31	État belge . . .	LT 23	2,227	13,570		6,066		51,260	»	17,200	17,200
32	Midi français .	»	2,808	16,046	20,622	5,703	7,344	65,500	»	16,100	16,400
									ESSIEUX ACCOUPLÉS AR		
33	Nord français .	LT	3,00	18,607	24,064	6,202	8,021	81,482	14,100	14,780	13,645

N. B. — Les efforts théoriques de traction ont été calculés en totalisant pour chaque locomotive les pressions qui règnent dans le cylindre pendant l'admission et pendant l'échappement. En ce qui ... marche à l'échappement direct.

…DRE DE MARCHE				POIDS ADHÉRENT			
…E OU BISSEL AV	TOTAL (Approvisionnements au complet)	TOTAL MINIMUM des locom.-tenders (Approvisionnements réduits à 1 tonne)	TOTAL MINIMUM par mètre carré de grille	MAXIMUM (Approvisionnements au complet)	MINIMUM des locom.-tenders (Approvisionnements réduits à 1 tonne)	MINIMUM par mètre carré de grille	MINIMUM par tonne d'effort théorique de traction
12	13	14	15	16	17	18	19
t	t	t	t	t	t	t	t
8,700	53,350	»	25,77	36,300	»	17,536	3,49
20,000	55,100	»	26,61	35,100	»	16,956	3,13
10,380	73,150	»	23,75	36,040	»	11,701	3,42 2,63
17,300	64,000	56,000	22,22	34,200	»	»	»
18,600	66,000	58,000	23,01	35,000	»	»	»
18.990	67,440	»	24,43	33,120	»	12,000	3,65 2,83
23.150	54,290	»	27,14	31,140	»	15,570	4,41 3,32
14,560	81,500	»	27,07	32,300	»	17,441	3,13
15,000	84,500	»	28,07	34,300	»	18,106	4,84 3,61
15,400	82,300	»	27,34	31,300	»	17,109	4,15 3,11
17.420	61,720	»	25,92	44,300	»	18,613	4,13 3,26
8,900	70,220	»	24,72	52,620	»	18,528	3,46
»	»	»	»	»	»	»	»
»	47,600	»	18,88	47,600	»	18,888	3,71
»	49,600	»	19,67	49,600	»	19,682	3,40
36,130	70,700	»	23,56	50,550	»	16,850	3,43 4,32
19.000	65,000	»	26,53	46,000	»	18,775	4,93 3,81
19,800	72,800	»	23,80	53,400	»	17,225	4,74 3,64
26.150	69,614	»	27,08	49,464	»	19,246	4,94 3,58
»	65,600	56,600	25,301	65,600	56,600	25,301	4,17
»	65,600	56,600	25,301	65,600	56,600	25,301	4,17
7,100	72,800	»	25,925	65,700	»	23,397	4,10 3,18
…ACCOUPLÉS AV 14,740 13,030	105,410	88,610	29,536	88,930	74,000	24,660	3,977 3,070

…par l'application à chacun de ses cylindres de la formule $\frac{(P-p)d^2l}{2D}$ dans laquelle P et p désignent les …es compound, le premier chiffre indiqué correspond à la marche à double expansion ; le second à la

une majoration d'environ 50 0/0 qui a permis de tripler, ou à peu près, le poids adhérent des locomotives à grande vitesse sans accoupler plus de deux essieux,

Les services compétents de la plupart des Administrations estiment qu'elles ne pourraient plus être sensiblement augmentées sans imposer soit à la superstructure actuelle de la voie, soit aux ouvrages d'art existants, une fatigue excessive. L'accouplement d'un troisième essieu semble donc devoir s'imposer.

La charge des essieux porteurs est naturellement moindre que celle des essieux moteurs ou accouplés. Elle atteint cependant 15 330 kg sous l'essieu d'arrière de l'Atlantic du Nord et même 16 580 sous l'essieu d'arrière de l'Atlantic de l'État belge. On remarquera, d'autre part, les chiffres élevés relatifs à certains bogies. En particulier, les lourdes machines qui figurent au tableau sous les numéros 18, 19 et 20, pourvues à la fois d'un surchauffeur et de quatre cylindres en batterie, font supporter à leur avant-train des poids qui ne paraissent avoir été atteints jusqu'ici dans aucun pays. Majorés des 8 t que pèse le bogie lui-même muni de ses accessoires, ces poids conduisent à des charges sur rails de 29, 30 et 30,8 t par bogie.

La Belgique, qui détient incontestablement le record des gros poids sur rails, détient également, d'une manière générale, celui des gros poids totaux. Cependant, malgré la robustesse frappante de certains organes de leur mécanisme, qui semblent avoir été parfois inutilement alourdis, on ne saurait dire des locomotives belges qu'à puissance égale elles soient plus lourdes que les locomotives françaises, ni qu'à égalité d'effort théorique maximum leur poids adhérent soit plus élevé. De l'examen des chiffres portés dans les colonnes 6, 15, 18, 19, résulte plutôt l'impression que les locomotives belges, un peu plus puissantes, en moyenne, que les locomotives françaises et capables d'un effort de traction théorique plus élevé, sont moins bien partagées sous le rapport du poids adhérent, d'autant moins qu'elles sont généralement à simple expansion, alors que toutes les locomotives françaises sont compound. L'expérience montre, en effet, que, toutes choses égales d'ailleurs, les locomotives compound et plus particulièrement les machines à quatre cylindres, dont les manivelles H. P. et B. P. du même côté ne sont pas exactement calées à 180 degrés l'une de l'autre, ont, à poids adhérent égal, plus d'adhérence que les locomotives non compound.

Si paradoxal qu'il puisse paraître au premier abord, ce phéno-

mène n'a cependant rien qui doive surprendre. Ce qu'on appelle communément *coefficient d'adhérence utilisée* est le rapport de l'*effort de traction* au *poids adhérent*. Si on fait grandir *peu à peu* l'effort de traction, un moment arrive où le patinage tend à se déclarer et on appelle *coefficient d'adhérence maximum* ou simplement *coefficient d'adhérence* la valeur atteinte à ce moment par le coefficient d'adhérence utilisée. Ces définitions sont bien connues, mais on perd parfois de vue, en les énonçant, que l'effort de traction qu'on a ainsi coutume de rapporter au poids adhérent n'est qu'un effort moyen

$$E_m = \frac{\alpha p d^2 l}{D},$$

quotient du travail produit par la machine en un tour de roue par le chemin parcouru dans le même temps. Or, l'effort réel E (*fig.* 7) n'est pas constant : variable avec l'orientation des manivelles, il présente des maxima et des minima, et quand le patinage tend à se déclarer, dans les conditions que nous venons d'indiquer, c'est toujours au moment où l'effort passe sa valeur maxima et parce que cette valeur maxima a atteint la limite E_p compatible avec le *coefficient de frottement*. Rapportons au poids adhérent P, d'une part, l'effort réel E_p développé à la jante au moment où le patinage tend à se produire, d'autre part, l'effort de traction moyen par tour de roue E_m : le premier rapport, naturellement le plus grand, est le *coefficient de frottement* F, le second le *coefficient d'adhérence f*, et ceci explique déjà pourquoi le coefficient d'adhérence, loin d'être un coefficient de frottement maximum, comme on l'a enseigné, est toujours, dans les locomotives à vapeur, *plus petit que le coefficient de frottement*. Il est d'ailleurs évident que le coefficient d'adhérence maximum est d'autant plus voisin du coefficient de frottement que les variations de l'effort moteur sont moins sensibles : si cet effort était constant, les deux coefficients se confondraient et c'est même là un des avantages essentiels des locomotives électriques.

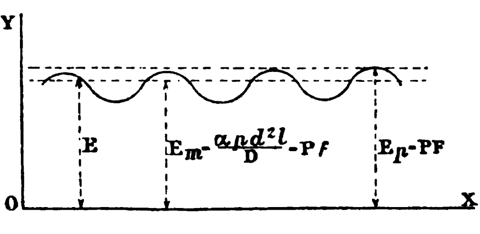


Fig. 7.

Or, les locomotives compound, par le seul fait qu'elles travaillent à des admissions plus prolongées que les locomotives

à simple expansion, développent aussi des efforts plus constants. Cet effet des admissions prolongées était connu des mécaniciens bien avant l'emploi des locomotives compound : quand leur machine patinait, ils allongeaient les admissions et étranglaient la vapeur au moyen du régulateur ; ils régularisaient ainsi les efforts tout en produisant le même travail par tour de roue. Il y a là en faveur des locomotives compound un avantage qui n'est pas négligeable.

Diamètre des roues motrices.

A l'Exposition de 1900, sur un total de vingt-six locomotives à grande vitesse à deux essieux accouplés et à bogie, il n'y en avait pas moins de dix dont les roues avaient un diamètre égal ou supérieur à 2,100 m.

Le maximum enregistré à Liège n'est que de 2,040 m et la cote ronde de 2 m, dont il semble qu'on tende à ne plus s'écarter sensiblement pour les machines à grande vitesse, n'est dépassée que par deux machines seulement, françaises toutes les deux. Du côté belge, le maximum est de 1,98 m : c'est la cote anglaise de 6 pieds 6 pouces.

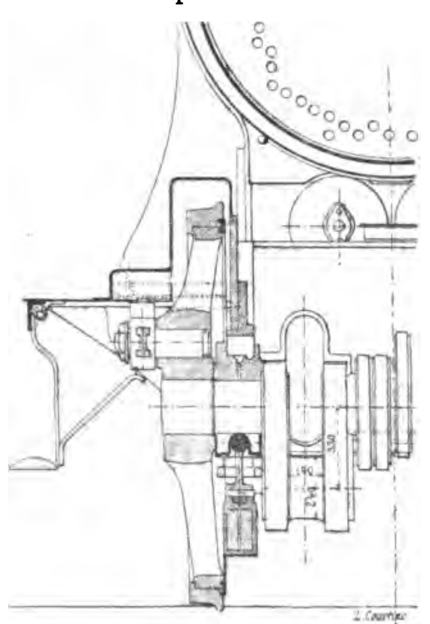


Fig. 8. — Roue motrice de locomotive type 35 (État belge).

Les inconvénients des très grandes roues, 2,20 et au delà, sont connus. Pour éviter qu'elles ne fléchissent et ne constituent un support vacillant, on est obligé de leur donner, parallèlement à l'axe de l'essieu, des dimensions qui peuvent devenir gênantes et qui, d'ailleurs, les alourdissent beaucoup. Ce n'est évidemment pas avec de semblables roues qu'on pourrait se permettre la disposition appliquée à la locomotive 3610 de la Compagnie de l'Est à roues de 1,75 m (n° 29 du tableau) et à la locomotive

type 35 de l'État belge à roues de 1,60 m (n° 23 du tableau) où, pour gagner de la place entre les deux moyeux d'un même essieu, on a donné aux roues une forme conique grâce à laquelle l'écartement des deux moyeux excède respectivement de 80 et de 85 mm l'écartement des bandages. Appliquée à des roues de grand diamètre, cet artifice compromettrait non seulement le serrage des bandages sur leurs jantes, mais encore le calage des essieux dans les moyeux.

Un autre inconvénient des roues de très grand diamètre est de limiter le diamètre du corps cylindrique de la chaudière, qui doit pouvoir s'inscrire entre elles. Aujourd'hui qu'on ne craint plus de surélever les chaudières, on en profite pour les élargir ; mais, pour pouvoir tirer tout le parti possible de cet avantage, on a été conduit à diminuer quelque peu la hauteur des roues motrices. L'expérience a montré depuis longtemps que de très grandes roues ne sont pas indispensables à la réalisation de très grandes vitesses. Elles présentent même, à ce point de vue, le désavantage d'une moindre fréquence des coups d'échappement.

Enfin, et ceci est aussi un résultat d'expérience, les roues de grand diamètre ont généralement pour effet d'abréger la carrière des essieux coudés, qui mettent beaucoup plus de temps à se fissurer lorsqu'ils sont montés sur roues de petit diamètre ou de diamètre modéré.

Chassis et Suspension.

Très en faveur autrefois en Belgique, les châssis extérieurs y semblent à peu près abandonnés aujourd'hui. En fait, la seule machine qui, dans la section belge, fût pourvue de longerons extérieurs est la locomotive pour tramways exposée par la Société de Saint-Léonard. Un seul châssis extérieur également du côté français : c'est celui de la locomotive à voie de 1 m construite par la Société des Batignolles et destinée aux Chemins de fer de l'Indo-Chine.

On peut dire aussi de la Belgique qu'elle était autrefois la terre classique des suspensions conjuguées par des balanciers longitudinaux et transversaux. Dans le sens longitudinal, le nombre des balanciers était rarement inférieur au maximum compatible avec un équilibre stable du poids suspendu, c'est-à-dire que les essieux étaient partagés en deux groupes, dans

chacun desquels les ressorts étaient tous conjugués entre eux par une série ininterrompue de balanciers (1). L'un de ces groupes comprenait, en outre, un balancier transversal, de manière à réaliser la suspension sur trois points, à laquelle nos voisins paraissaient attacher une très grande importance. Leurs idées se sont évidemment modifiées à cet égard, puisque, sur les quatorze locomotives de l'État belge, *huit*, c'est-à-dire plus de la moitié, sont portées par des ressorts indépendants et ne comportent d'autre conjugaison longitudinale que celle réalisée par le châssis du bogie, quand il existe. Ce sont celles des types 18, 15, 35 et 32. Pour les plus récentes, cependant, celles des types Atlantic, à quatre cylindres égaux, 19 et 19 *bis*, on est revenu à la suspension sur trois points.

Par contre, du côté français, les balanciers longitudinaux, que Couche nous reprochait autrefois de dédaigner un peu trop, sont appliqués à *six* des huit locomotives de grandes lignes. Même quatre d'entre elles, celles du Nord, du P.-L.-M. et du P.-O., comportent, comme les anciennes locomotives belges, le nombre de balanciers nécessaire pour assurer l'invariabilité complète de leur répartition statique.

Depuis quelques années, l'Administration des Chemins de fer de l'État belge a cessé d'étendre l'emploi des ressorts extra-

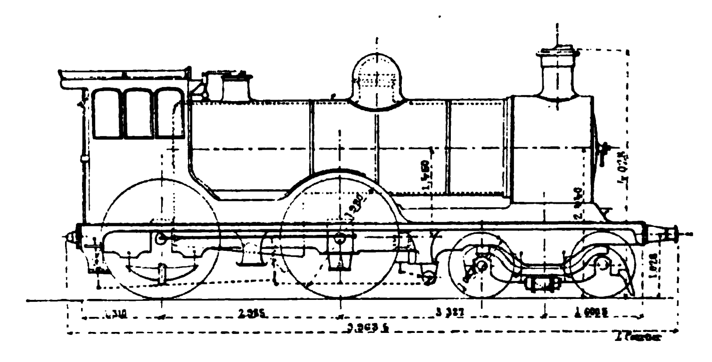


Fig. 9. — Locomotive type 18 de l'État belge.

flexibles introduits en 1885 par M. Belpaire et qui présentaient cette particularité que, construits avec une flèche de fabrication nulle, ils se cintraient en charge vers le bas. Pour les machines

(1) Dans un récent mémoire publié par la *Revue générale des Chemins de fer* (numéro de juin 1905), nous avons démontré que, lorsque tous les ressorts d'une locomotive sont conjugués par une série ininterrompue de balanciers longitudinaux, l'équilibre du poids suspendu sur ressorts devient instable et la suspension *folle*.

neuves, cette Administration est revenue aux ressorts de flexibilité modérée. On n'en voyait point d'autres à Liège.

Ajoutons que les essieux moteurs (coudés) des locomotives belges des types 15, 18 et 32 sont pourvus de ressorts hélicoïdaux placés par couples de deux au-dessous des boites à huile. Cette disposition est évidemment empruntée à l'Angleterre, où elle est fort répandue.

Bogies.

Nous donnerons plus de détails sur les bogies, dont l'Exposition de Liège offrait de nombreuses variétés.

Constatons d'abord que ces appareils se sont beaucoup répandus depuis une quinzaine d'années, c'est-à-dire depuis qu'ils ont cessé d'être considérés comme n'offrant d'intérêt que sur les lignes sinueuses ou médiocrement entretenues. Le rôle du bogie n'est pas seulement de faciliter l'inscription des locomotives dans les courbes et de réduire l'angle dit *de cisaillement* sous lequel la roue d'avant attaque le rail extérieur. Même en alignement droit, l'avant de la machine, naturellement plus libre que l'arrière, prend fréquemment, et pour des causes diverses, le contact de l'une ou l'autre file de rails. Grâce au bogie, ce contact s'établit toujours en deux points et l'intensité des chocs latéraux que la machine inflige à la voie, en un point déterminé du rail, se trouve réduite de moitié. Cet avantage est encore accru quand le pivot du bogie peut se déplacer latéralement sous le contrôle d'un organe de rappel, puisqu'alors le choc se produit par l'intermédiaire d'un système élastique. Enfin, dans le sens vertical, les bogies à appuis sphériques jouent le même rôle que des balanciers longitudinaux conjuguant les ressorts de suspension des deux essieux antérieurs.

A Liège, dans la section française, toutes les locomotives de grande ligne, sauf la machine à quatre essieux accouplés de la Compagnie du Midi, où il importait de réduire le moins possible le poids adhérent, ont été pourvues d'un bogie. Encore celle-ci comporte-t-elle un bissel dont le rôle est très analogue. Même parmi les locomotives à voie de 1 m, celle des Chemins de fer de l'Indo-Chine et celle des Chemins de fer départementaux des Ardennes reposent à l'avant : la première sur un bogie, la seconde sur un bissel. On peut donc dire que, dans la section française, toutes les locomotives ayant des roues motrices d'un

diamètre supérieur à 1 m sont pourvues d'un dispositif destiné à réaliser la convergence des essieux antérieurs.

Du côté belge, bien que le bogie soit d'application relativement récente, on retrouve cet appareil sous toutes les machines à roues motrices de plus de 1,52 m de diamètre. C'est dire que seules les quatre machines des types 32 et 23 en sont dépourvues.

Quant à l'ancien essieu porteur d'avant non convergent, que l'on voyait encore en 1889 sous certaines locomotives à grande vitesse et même en 1900 sous des machines pour trains légers de voyageurs, il semble qu'il ait définitivement disparu. Il n'y a pas lieu de le regretter.

Les principaux éléments des bogies qui figuraient à l'Exposition de Liège sont groupés dans le tableau VII.

Bogies des locomotives 2659 de la Compagnie du Nord et 362 du Nord belge.

Des indications de la première colonne, il ressort que seuls les bogies des locomotives à grande vitesse du Nord et à six roues accouplées du Nord belge ont des châssis extérieurs. Formés de deux longerons réunis par une forte entretoise médiane en acier moulé et deux entretoises extrêmes plus légères, ces châssis sont supportés par quatre ressorts indépendants. La crapaudine, de forme cylindrique, dans laquelle pénètre le pivot solidaire du châssis principal, peut se déplacer transversalement de 45 mm à droite et à gauche de sa position normale. Ce mouvement est « contrôlé » par des ressorts de rappel hélicoïdaux. La crapaudine ne supporte aucune charge : le châssis principal repose, par l'intermédiaire de deux tenons hémisphériques, sur deux godets de même forme, placés à droite et à gauche de la crapaudine et qui, simplement posés sur l'entretoise principale des longerons, sont libres de se mouvoir horizontalement dans tous les sens. Grâce à cette disposition, le châssis principal peut exécuter ses oscillations longitudinales sans modifier en rien la répartition des charges entre les deux essieux du bogie, le châssis de celui-ci jouant le rôle d'un balancier longitudinal.

TABLEAU VII. — *Renseignements relatifs aux bogies et bissels.*

NUMÉROS	ADMINISTRATIONS PROPRIÉTAIRES	TYPES	CHASSIS intérieur ou extérieur (I ou E)	EMPATTEMENT	DIAMÈTRE DES ROUES	DISTANCE DU PIVOT au centre de figure	DEMI-JEU TRANSVERSAL du pivot	SYSTÈME DE RAPPEL du pivot	RESSORT DE SUSPENSION indépendants ou conjugués (I ou C)	NATURE DES APPUIS	NOMBRE DE SABOTS du frein
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
				m	m	m	m				
4	Indo-Chine	»	I	1,800	0,800	0	0,040	Ressorts à lames.	I	Sphériques latéraux.	0
5	Comp. des Chemins de fer départ. des Ardennes	(bissel)	I	0	0,670	1,200	0,060	Plans inclinés.	I	Central cylindrique.	0
11-12	État belge	18	I	1,981	1,067	0,0255	0,020	Ressorts à boudin.	C	Central plan.	4
13	—	Atlantic	I	2,250	0,900	0	0,055	Menottes.	I	Central sphérique.	4
14-15	—	(L. T.) 15	I	1,981	1,067	0,0255	0,020	Ressorts à boudin.	C	Central plan.	4
16	Nord français	»	E	2,400	0,900	0	0,045	Ressorts à boudin.	I	Sphériques latéraux.	0
17	État français	»	I	2,000	0,960	0	0,025	Ressorts à lames.	C	Central plan.	0
18	État belge	à 4 cyl. égaux	I	2,250	0,900	0	0,055	Menottes.	I	Central sphérique et latéraux élastiques.	4
19-20	—	19 et 19 *bis*	I	2,250	0,900	0	0,055	Menottes.	I	Central sphérique et latéraux élastiques.	4
21	Nord belge	»	E	1,950	0,850	0	0,025	Ressorts à boudin.	I	Sphériques latéraux.	0
22-23	État belge	35	I	1,980	1,067	0	0,035	Ressorts à boudin.	C	Central plan.	4
26	Paris-Lyon-Méditerranée	»	I	2,000	1,000	0	0,034	Plans inclinés.	C	Central sphérique.	4
27	Ouest français	»	I	2,000	0,960	0,050	0,050	Menottes.	C	Central plan.	0
28	Paris-Orléans	»	I	2,300	0,960	0	0,045	Ressorts à boudins.	I	Sphériques latéraux.	0
29	Est français	»	I	1,950	0,920	0	0,055	Ressorts à lames.	C	Central plan.	8
32	Midi français	(bissel)	I	0	0,850	1,720	0,050	Menottes.	C	Central cylindrique.	0
33	Nord français	AV	I	5,795	1,455 et	»	»	»	C	Central sphérique et latéraux élastiques.	6
		AR	I	5,795	0,850	»	»	»	C	Central plan.	6

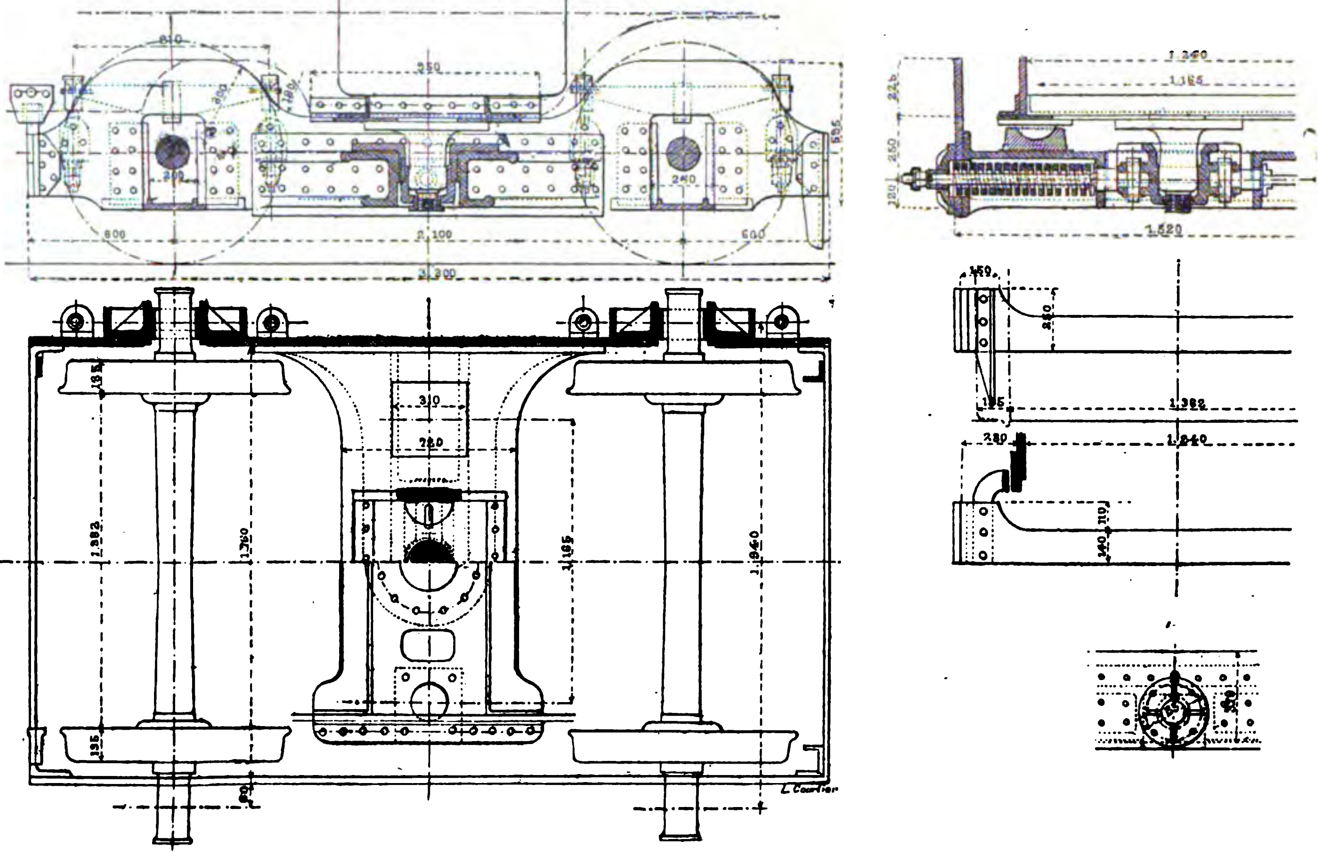


Fig. 10 à 15. — Bogie de la locomotive n° 2659 de la Compagnie du Nord.

Bogies des locomotives n° 4023 de la Compagnie d'Orléans et n° 60 des Chemins de fer de l'Indo-Chine.

Au bogie de la Compagnie du Nord, qui a reçu de nombreuses applications, non seulement sur le réseau du Nord, mais encore sur ceux du Midi, de l'Est et de l'Orléans, on a reproché la difficulté qu'on éprouve parfois à l'entretoiser d'une manière assez robuste. Elle résulte de l'éloignement des longerons et surtout de l'obligation de faire passer l'entretoise dans l'intervalle des roues au niveau même des essieux, c'est-à-dire à l'endroit précis où cet intervalle est le plus restreint. La Compagnie du Nord a remédié elle-même à cet inconvénient en portant de 1,80 m à 2,10 m (cote antérieurement adoptée par la Compagnie du Midi) l'empattement de ses bogies les plus récents. A la Compagnie d'Orléans, on s'est donné encore plus de latitude en reportant les longerons à l'intérieur des roues. Abstraction faite de cette particularité, le bogie de la locomotive à six roues accouplées de la Compagnie d'Orléans est semblable aux bogies des locomotives 2659 du Nord et 362 du Nord belge dont il reproduit toutes les dispositions essentielles. Le bogie de la locomotive n° 60 des Chemins de fer de l'Indo-Chine est comme celui de la Compagnie d'Orléans, à châssis intérieur avec appuis sphériques latéraux.

Bogies de l'État belge, de l'Ouest et de l'État français.

Dans un grand nombre de machines, le châssis principal repose sur celui du bogie par une surface d'appui plane, le plus souvent annulaire, l'espace central étant occupé par le pivot. Le châssis du bogie ne peut alors prendre, par rapport au premier, d'autre mouvement relatif que ceux de pivotement et de translation latérale. Si, dans ces conditions, l'indépendance des quatre ressorts de suspension était conservée, il pourrait en résulter, sous l'influence des inégalités de la voie ou des oscillations longitudinales du châssis principal, des écarts notables de la répartition des charges entre les deux essieux du bogie. Aussi la conjugaison directe des organes de la suspension est-elle très généralement appliquée aux bogies à surface d'appui plane.

La disposition la plus répandue est celle qui consiste à n'employer, de chaque côté du bogie, qu'un ressort de suspension

Fig. 16 à 20. — Bogie de la locomotive à voie de 1 mètre des chemins de fer de l'Indo-Chine.

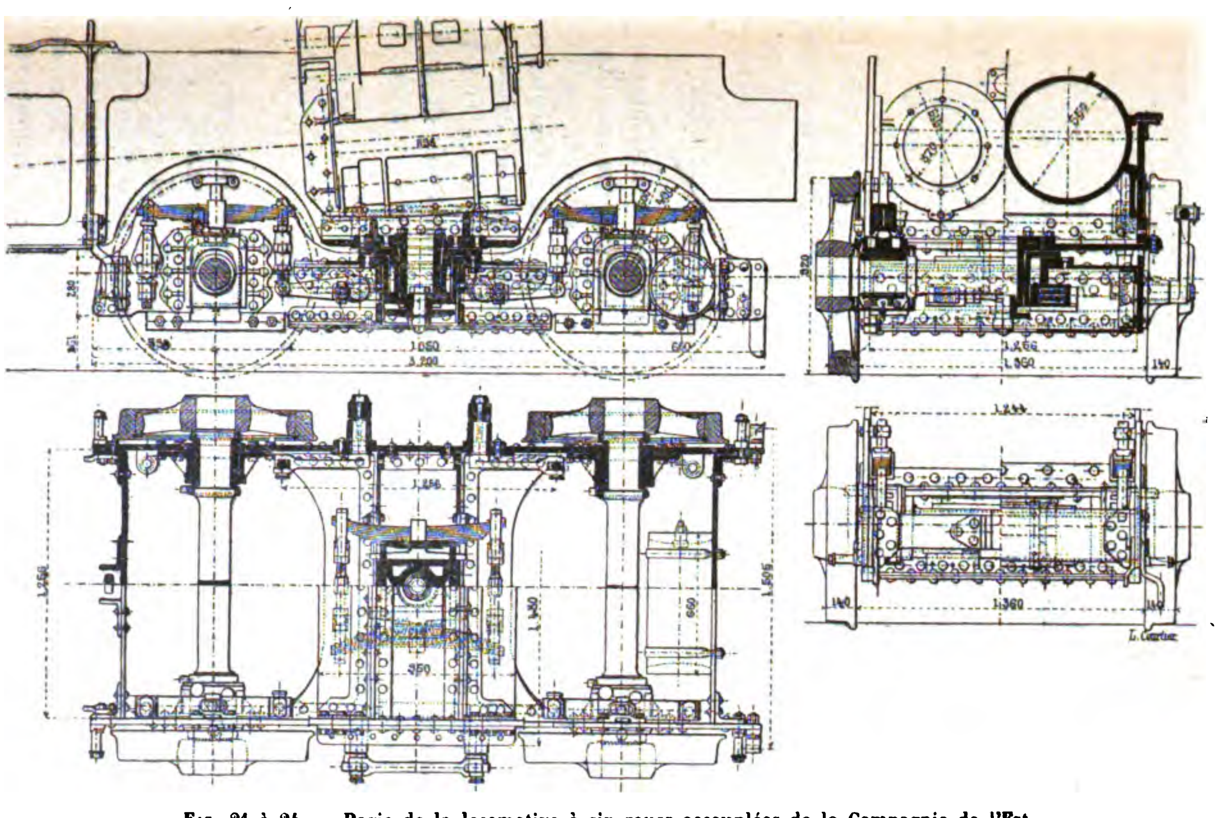


Fig. 21 à 24. — Bogie de la locomotive à six roues accouplées de la Compagnie de l'Est

unique faisant lui-même office de balancier. Placé de manière à tourner sa concavité vers le bas et chargé en son milieu, le ressort est suspendu par ses deux extrémités à une sorte de longeronnet spécial ou *cavalier* formé de deux flasques jumelles convenablement entretoisées e dont les extrémités reposent directement sur les boîtes des essieux. Ordinairement, la bride du ressort se termine intérieurement par une chape dans laquelle pénètre un tourillon solidaire du châssis. D'autres fois, la partie supérieure de la bride affecte la forme d'un couteau sur lequel repose le châssis. Celui-ci peut alors prendre, d'arrière en avant et d'avant en arrière, toutes les inclinaisons que lui impose le châssis principal, sans qu'il en résulte aucun trouble dans la répartition des charges entre les deux essieux.

Tels sont les bogies des locomotives belges des types 15, 18 et 35 (1). Tels sont également ceux des locomotives françaises de l'Ouest et de l'État.

Bogie de la locomotive 3610 de la Compagnie de l'Est.

Celui de la locomotive à six roues accouplées de la Compagnie de l'Est, également à surface d'appui plane, présente une disposition différente : les quatre ressorts sont conservés, mais ils sont conjugués entre eux de chaque côté par deux équerres de renvoi reliées par une bielle. Moins simple que le classique balancier, ce mécanisme s'imposait dans l'espèce, parce que, les ressorts étant intérieurs aux longerons, le balancier devenait d'un placement difficile, tandis qu'il était facile de reporter la bielle à l'extérieur du châssis.

Nouveau bogie de l'État belge.

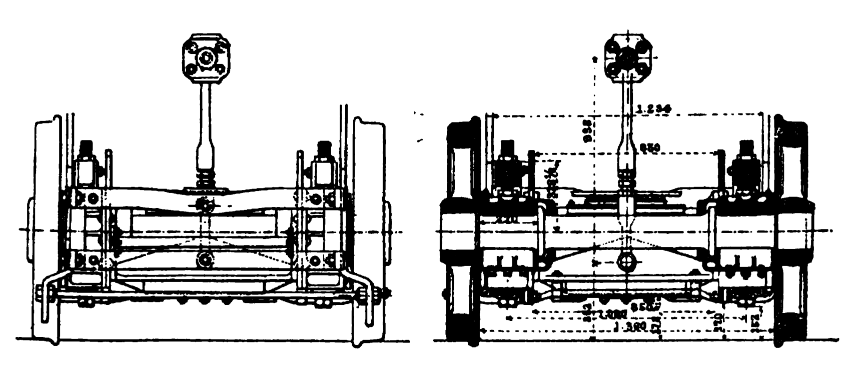
Dans les divers bogies dont il vient d'être question jusqu'ici, on s'est uniquement préoccupé d'assurer la constance de la répartition des charges entre les deux essieux. Si on veut, en outre, éviter qu'il se produise des écarts de répartition entre les deux roues d'un même essieu, la solution la plus simple consiste à faire passer par le pivot lui-même toute la charge supportée par le bogie. De surface nécessairement sphérique,

(1) Ce bogie, qui semble devoir être remplacé dans les constructions à venir par celui dont nous donnons plus bas la description, est la reproduction fidèle du bogie appliqué par M. Mac Intosh aux locomotives à grande vitesse du Caledonian Railway.

ce pivot repose alors dans une crapaudine de surface également sphérique placée au centre de figure du châssis. C'est ce qu'a fait l'État belge pour les bogies de ses quatre types de locomotives à quatre cylindres (nos 13, 18, 19 et 20 de nos tableaux). Remarquons, en passant, que les ressorts de suspension du châssis principal de ces quatre machines sont tous conjugués entre eux : elles réalisent, par suite, toutes les quatre, le principe de la suspension sur trois points. Quant aux ressorts de suspension des bogies, ils sont restés indépendants : la position centrale de la crapaudine suffit, en général, à assurer l'égale répartition des charges.

Bogie de la Compagnie P.-L.-M.

Si nous disons « en général », c'est qu'un bogie ainsi établi ne peut évidemment assurer l'égalité des charges sur les quatre roues que si les quatre points d'appui de ces roues sur les rails



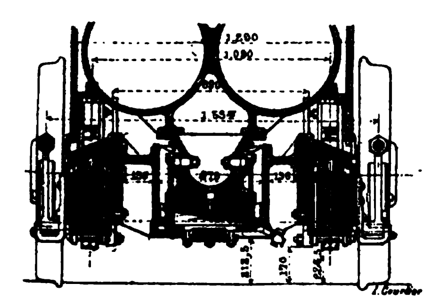


Fig. 25 à 27. — Bogie de la locomotive à six roues accouplées n° 2604 de la Compagnie P.-L.-M.

sont situés dans un même plan. Or, cette condition est loin d'être toujours remplie. En particulier, à l'entrée des courbes, dans le raccordement du dévers, l'un des rails est en rampe,

l'autre en palier. Une des diagonales du bogie est alors plus chargée que l'autre et, bien qu'à appui central sphérique, cet appareil n'assure l'égalité des charges ni entre les deux roues d'un même côté ni entre celles d'un même essieu. Il suffit, pour éviter cet inconvénient, de cumuler l'emploi de la crapaudine sphérique centrale avec celui des suspensions conjuguées et c'est ce qu'a fait la Compagnie P.-L.-M. pour sa locomotive n° 2604 comme pour toutes ses locomotives à bogie.

On sait que la suspension d'un véhicule à deux essieux devient folle autour d'un axe transversal quand on lui applique des balanciers longitudinaux ou tout autre mode de conjugaison analogue, et c'est ce qui aurait déjà lieu pour les bogies des locomotives de l'Est et de l'Ouest, ainsi que pour ceux des types 15, 18 et 35 de l'État belge, si l'emploi de surfaces d'appui planes n'établissait entre le châssis principal et le châssis du bogie une solidarité partielle assurant l'orientation de ce dernier autour d'un axe horizontal quelconque. L'emploi de la crapaudine centrale sphérique faisant disparaître cette solidarité partielle, on a dû la rétablir sous les locomotives de la Compagnie P.-L.-M. au moyen d'une bielle verticale, reliant directement les deux châssis à l'arrière du pivot, et assez longue pour ne pas gêner les déplacements relatifs du bogie dans le sens horizontal. Une seconde bielle, plus courte, relie les deux mêmes châssis à l'avant du pivot, mais son articulation inférieure a reçu assez de jeu pour qu'elle ne travaille qu'en cas de décollement du pivot et de sa crapaudine. C'est un simple organe de sûreté.

Le bogie des locomotives P.-L.-M. présente une autre particularité intéressante. Le pivot ne peut se déplacer par rapport à la crapaudine que lorsqu'il tourne autour de l'axe longitudinal ou de l'axe transversal passant par le centre de la sphère d'appui. Quand il tourne autour de l'axe vertical passant par le même centre, il entraîne la crapaudine au moyen des deux oreilles dont il est muni et oblige celle-ci à s'élever sur un siège à surfaces hélicoïdales symétriquement disposées à droite et à gauche. Il en résulte que tout déplacement angulaire relatif du bogie provoque un léger soulèvement de l'avant de la machine, et qu'une fois la cause de ce déplacement disparue le poids de la machine ramène le bogie dans sa position normale.

Jeu latéral des crapaudines. Organes de rappel.

Des indications de notre tableau VII, on peut conclure que tous les bogies qui figuraient à l'Exposition de Liège sont susceptibles de prendre, par rapport à l'autre train de roues de la machine, et dans le sens transversal à la voie, un mouvement relatif de translation dont l'amplitude maximum est d'ailleurs assez variable. Il n'en a pas toujours été de même aux Expositions antérieures. En 1900, plusieurs bogies exposés à Vincennes étaient pourvus de crapaudines fixes et bien des Ingénieurs pensaient autrefois qu'un jeu transversal du pivot est sans utilité sur les lignes à grands rayons de courbure, surtout aux locomotives à quatre essieux dont l'empattement rigide excède rarement 3 m. Cet avis n'a pas prévalu et on ne construit plus guère aujourd'hui que des bogies à jeu transversal.

Mais, si on est généralement d'accord sur le principe, il n'en est plus tout à fait de même dans l'application, et les divers bogies exposés à Liège, déjà très différents sous d'autres rapports, ainsi qu'on vient de le voir, différaient encore notablement entre eux par le type des organes de rappel adoptés pour ramener la crapaudine dans sa position normale, lorsque la cause qui l'en a écartée a disparu.

Ces organes de rappel étaient soit des ressorts, hélicoïdaux ou à lames, soit des menottes de suspension, verticales ou obliques, soit enfin des plans inclinés.

Tableau VIII.

Ressorts de rappel des bogies.

Nos	ADMINISTRATION	BANDE INITIALE	FLEXIBILITÉ	BANDE FINALE
4	Indo-Chine	900	13 × 2	2 400
11-15	Etat belge	250	20	1 250
16	Nord français	2 × 2 000	20	2 × 4 250
17	État français	1 500	21	2 700
21	Nord belge	3 000	20	4 250
22-23	État belge	250	20	2 000
28	Paris-Orléans	2 × 2 250	20	2 × 4 500
29	Est français	1 785	7 × 2	3 715

L'emploi des ressorts est à peu près obligatoire quand on fait usage d'appuis sphériques latéraux. A la Compagnie du Nord, on

a disposé, de part et d'autre du plan méridien de la machine, entre la crapaudine et le longeron du bogie, deux ressorts héli-

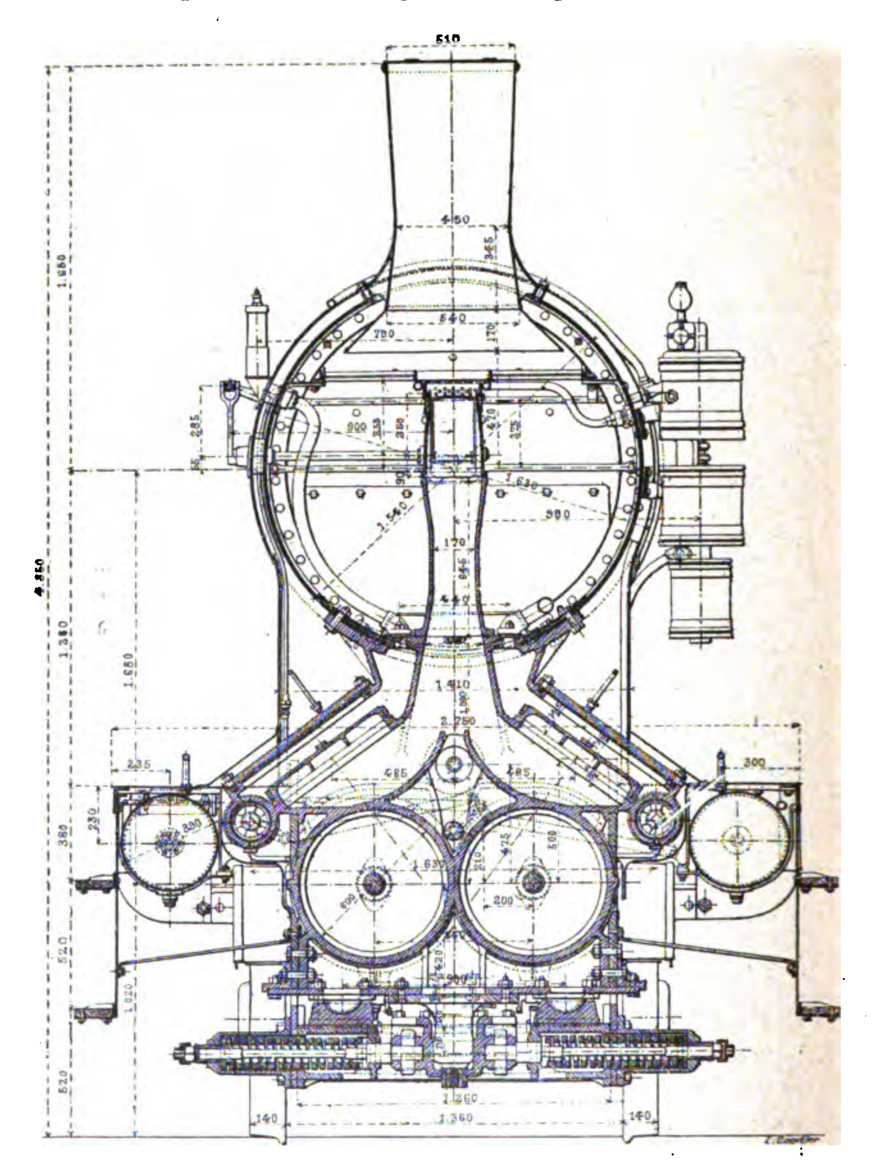


FIG. 28. — Coupe transversale de la locomotive n° 4023 de la Compagnie d'Orléans.

coïdaux, qui non seulement ne sont pas antagonistes, mais sont encore conjugués entre eux de manière à être comprimés tous les deux, quel que soit le sens du déplacement de la crapaudine.

Cette disposition permet de donner à l'effort de rappel initial telle valeur qu'on aura jugée convenable : de 3000 kg, chiffre adopté à l'origine par la Compagnie du Nord, cet effort a été porté ultérieurement à 4000 kg. La flexibilité de chaque ressort étant, d'autre part, de 20 mm par tonne, l'effort final n'est pas inférieur à 8500 kg. D'expériences faites sous la direction de M. du Bousquet, il résulte, en effet, que des efforts de rappel aussi considérables sont nécessaires pour empêcher le bogie d'être trop flottant, c'est-à-dire d'atteindre trop facilement, et par suite trop fréquemment aux grandes vitesses, ses positions extrêmes transversales. Dans ces conditions, le bogie remplit véritablement son rôle ; d'une part, il évite à la voie les poussées brutales qui résulteraient aussi bien de la fixité que d'une trop grande mobilité du pivot; d'autre part, il soustrait à l'action des chocs latéraux les essieux accouplés, en particulier l'essieu coudé qui y est ordinairement le plus exposé et en tous cas le plus sensible.

A la Compagnie d'Orléans, le mécanisme de rappel est identique à celui des machines de la Compagnie du Nord.

Enfin, des ressorts hélicoïdaux ont été appliqués aux bogies des locomotives des types 15, 18 et 35 de l'État belge. Ici, toutefois, les ressorts ne sont pas conjugués entre eux; mais leur bande initiale étant limitée à 250 kg, ils cessent d'être antagonistes dès que le pivot a effectué un déplacement latéral de 5 mm. La mobilité du bogie, dans sa position moyenne, est d'ailleurs atténuée par les frottements qu'on peut évaluer à 5 0/0 de la charge portée par la crapaudine.

A l'Est, à l'État français et au Chemin de fer de l'Indo-Chine, on a eu recours à des ressorts à lames. Comme au Nord et au P.-O., les deux ressorts de rappel des bogies de l'Est et de l'Indo-Chine interviennent tous deux pour chaque sens du déplacement de la crapaudine ; mais accouplés, si on peut ainsi dire, en série et non en quantité, ce ne sont plus leurs efforts, mais leurs flèches qui s'ajoutent. A l'État français, les deux ressorts sont indépendants sans être antagonistes.

Le mécanisme de rappel appliqué à la locomotive 2722 de la Compagnie de l'Ouest, ainsi qu'aux locomotives des types 19, 19 *bis* et Atlantic de l'État belge, consiste simplement en quatre biellettes ou *menottes* au moyen desquelles la crapaudine est suspendue au châssis du bogie. Compatible seulement avec les surfaces d'appui centrales, ce système est néanmoins fort répandu,

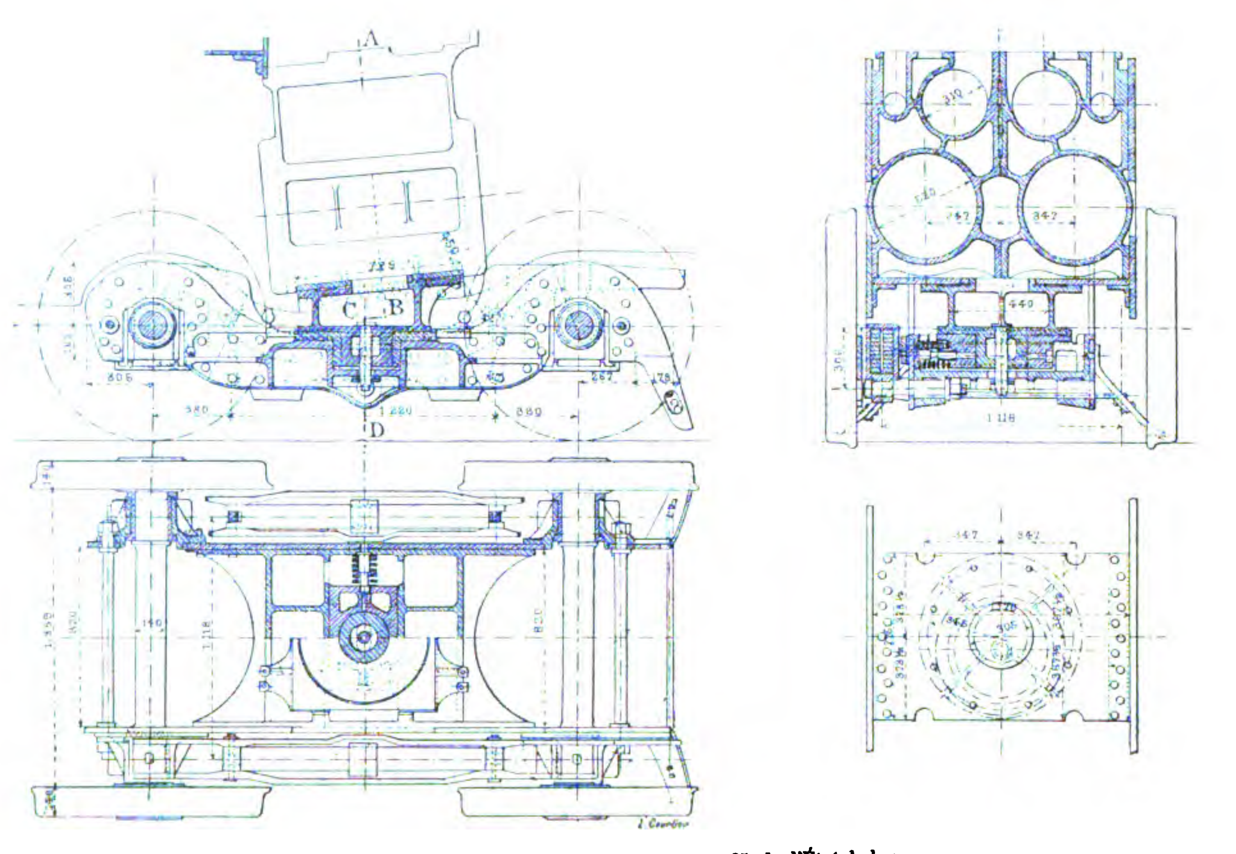


Fig. 29 à 32. — Bogie des locomotives type 35 de l'État belge.

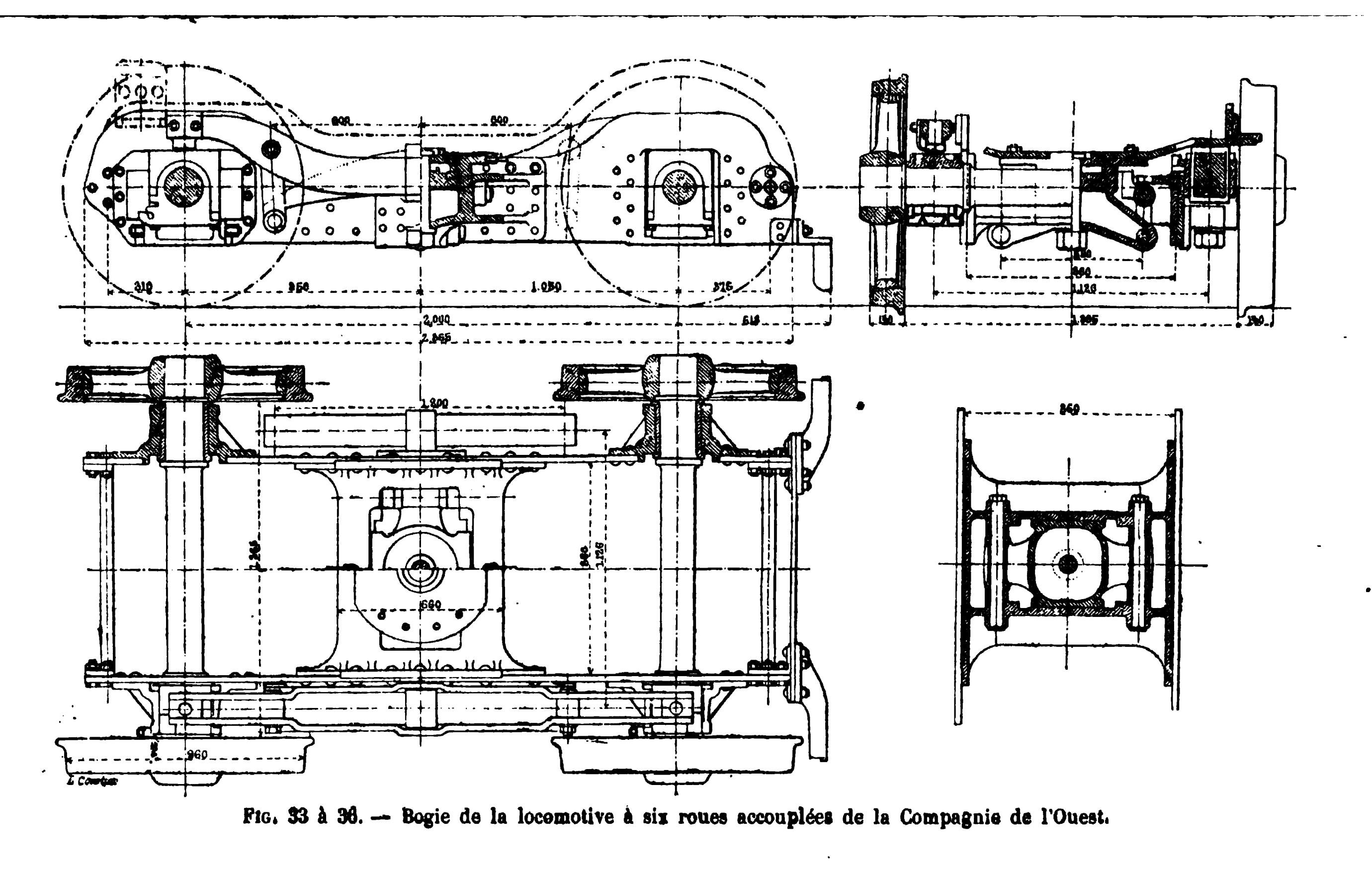


FIG. 33 à 36. — Bogie de la locomotive à six roues accouplées de la Compagnie de l'Ouest.

notamment en Amérique, où il paraît surtout apprécié pour sa simplicité, la sûreté de son fonctionnement et les faibles dépenses d'établissement et d'entretien qu'il occasionne.

Lorsque les menottes sont parallèles entre elles, verticales par conséquent dans leur position normale, l'axe de la crapaudine reste toujours perpendiculaire au plan du châssis, et l'effort de rappel est mesuré par la tangente de l'angle de déviation des menottes. La mobilité du bogie est donc en raison directe de la longueur de ces dernières et c'est pour cette raison que la Compagnie de l'Ouest, qui depuis 1903 n'applique plus d'autre mode de suspension à ses bogies, a eu le soin de donner aux biellettes une longueur assez faible, 160 mm seulement d'axe en axe.

On augmente la valeur de l'effort de rappel correspondant à un déplacement donné par l'emploi de menottes obliques à convergence supérieure. C'est ce qu'a fait l'État belge pour son dernier type de bogie. Alors l'axe de la crapaudine ne reste plus normal au châssis, mais l'obliquité prise par cet axe est sans inconvénient quand la surface d'appui est sphérique, et quand celle-ci est plane, elle présente plutôt un avantage : celui de surcharger un peu plus dans les courbes les roues situées du côté du grand rayon.

On peut obliquer les biellettes en sens contraire et les faire converger non plus vers un point situé dans le haut de la machine, mais vers un point situé plus bas que la voie : on réduit généralement ainsi, au lieu de l'augmenter, l'effort de rappel dû aux menottes verticales, et, si la surface d'appui est plane, on réduit en même temps la surcharge imposée aux roues du côté du grand rayon.

Une disposition assez répandue, mais qui, comme la précédente, n'était appliquée à aucun des bogies exposés à Liège, est la suivante : les menottes, de forme triangulaire, sont suspendues au châssis par deux boulons d'articulation situés au même niveau, qui les traversent avec un certain jeu et dont l'un ou l'autre sert d'appui, suivant que le bogie lui-même est déplacé dans un sens ou dans l'autre. Dans ces conditions, l'axe de la crapaudine reste toujours parallèle à lui-même et l'effort de rappel, dont la valeur initiale est fonction de l'écartement des boulons, grandit plus vite que l'amplitude du déplacement transversal.

Enfin, le système de rappel par plans inclinés a été appliqué au bogie de la Compagnie P.-L.-M. A l'inclinaison de 15 degrés

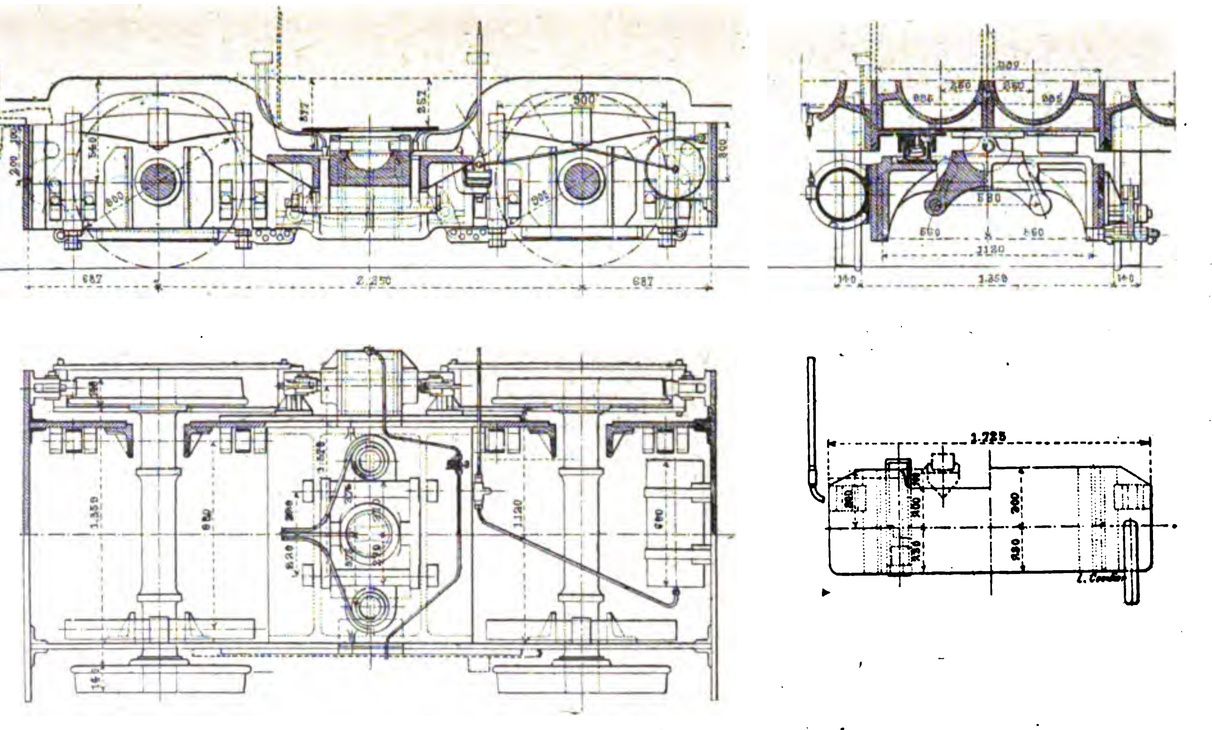


Fig. 37 à 40. — Bogie des locomotives type 19 et 19 *bis* de l'État belge.

sur l'horizontale qui a été donnée à ces plans, correspond une force de rappel initiale considérable, d'environ 4000 kg, qui grandit avec l'amplitude du déplacement.

Freinage des bogies.

Il y a très peu d'années encore, on hésitait à freiner sous la locomotive d'autres essieux que ceux compris dans l'empattement rigide. Aujourd'hui, il y a une tendance marquée à freiner également les bogies, et cette tendance s'est manifestée à Liège d'une manière très nette. Des dix-neuf bogies placés sous des locomotives de grande ligne, quatorze étaient freinés. Ce chiffre comprend la totalité des bogies de l'État belge et quatre bogies français : celui de la Compagnie de l'Est, celui de la Compagnie de Lyon, enfin les deux bogies de la locomotive 6121 de la Compagnie du Nord. Un cinquième sera freiné prochainement : celui de la locomotive 2659 de cette dernière Compagnie.

La disposition la plus généralement adoptée comporte l'emploi de deux cylindres à frein, placés à droite et à gauche du bogie, dans l'intervalle des roues, contre la face extérieure des longerons. Dans chaque cylindre se meuvent deux pistons actionnant directement deux sabots s'appliquant à l'arrière de la roue avant et à l'avant de la roue arrière.

D'autres fois, les sabots, placés en dehors de l'entr'axe des roues, occupent une position diamétralement opposée et alors ils sont actionnés par l'intermédiaire de leviers de renvoi.

Les longerons des bogies belges à suspension conjuguée étant intérieurs aux ressorts qui eux-mêmes sont intérieurs aux roues, c'est aux cavaliers qui supportent les ressorts que l'on a fixé les cylindres à frein.

Seul le bogie de la Compagnie P.-L.-M. est freiné à l'aide de sabots actionnés par la timonerie générale.

Quant aux bogies moteurs de la locomotive 6121 du Nord, ils sont pourvus non du frein à air comprimé, mais du frein à vide. Celui-ci n'agit que sur les essieux moteurs et accouplés, dont chacun est attaqué par un sac à frein spécial.

Décentrement du pivot.

Nous avons implicitement admis, dans tout ce qui est relatif aux bogies placés sous l'avant des locomotives à deux ou à trois

essieux accouplés, que l'axe du pivot est équidistant des deux essieux, et que, se confondant avec la verticale du centre de figure, il passe par le centre de gravité même du bogie. C'est bien, en effet, ce qui a lieu en général. Deux Administrations cependant, celle de l'État belge et la Compagnie de l'Ouest, ont pensé qu'il serait préférable de décentrer les pivots. Cela ne veut pas dire qu'il y ait accord : À l'État belge, en effet, on a placé le pivot en avant du centre de figure. A l'Ouest, au contraire, comme naguère à l'État prussien, on l'a placé en arrière de ce centre. On peut supposer que l'Administration de l'État belge a voulu remorquer son bogie pour être plus certaine qu'il ne se placera pas de carre en coin, et que l'Ouest a voulu surtout adoucir l'entrée en courbe de ses locomotives. Peut-être n'est-il pas inutile de faire remarquer ici que les bogies à pivot central sont effectivement remorqués, le diamètre du pivot n'étant pas négligeable, en général, par rapport à leur empattement. Quoi qu'il en soit et en admettant que les deux dispositions aient toutes deux des avantages, le moyen le plus simple de les concilier consiste à laisser le pivot au milieu. C'est ce qui a été fait à peu près partout, même à l'État belge, qui semble avoir renoncé au décentrement du pivot vers l'avant, comme antérieurement l'État prussien avait renoncé au décentrement vers l'arrière.

Bissels.

Composons entre eux les deux déplacements relatifs, translation et pivotement, effectués par un bogie dans une voie en courbe : le déplacement résultant sera une rotation autour d'un axe vertical situé en arrière du bogie. On peut matérialiser cet axe et le relier au châssis par un timon qui rend toute autre articulation inutile. On constitue ainsi le *bissel à quatre roues*, qui ne diffère en principe de l'avant-train ordinaire que par ce qu'il y est créé, entre les deux déplacements composants, une relation plus rigoureuse que celle qui s'établit naturellement dans le bogie, au gré des circonstances, sous l'influence des rails. Il y a ι une cause d'infériorité pour le bissel à quatre roues, assez ncombrant d'ailleurs et rarement appliqué. Mais cette cause 'infériorité disparaît lorsque, confondant les deux essieux en n seul, on réalise le bissel à deux roues dont l'emploi est beau-)up plus fréquent. Alors la relation rigoureuse dont nous enons de parler, loin d'être une gêne, devient au contraire une

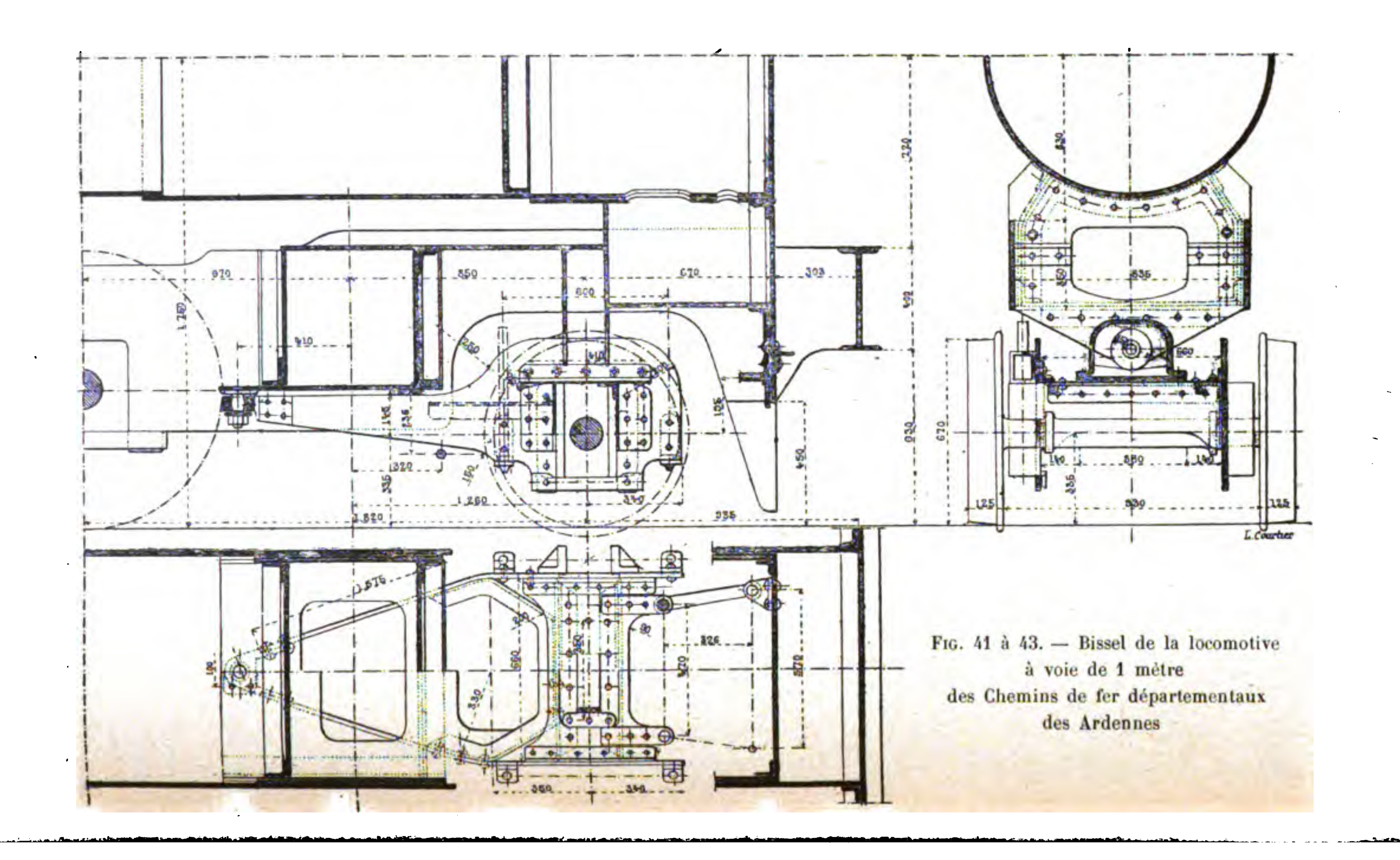


FIG. 41 à 43. — Bissel de la locomotive
à voie de 1 mètre
des Chemins de fer départementaux
des Ardennes

condition de stabilité indispensable, puisqu'elle cesse de constituer un double emploi.

Il existe donc entre les bogies et les bissels à deux roues un lien de parenté très étroit qui explique l'analogie de leur fonctionnement. En fait, la seule infériorité du bissel, comparé au bogie, résulte de ce que les réactions latérales qui s'exercent entre l'avant de la machine et la superstructure de la voie sont localisées en un seul point du rail, du moins lorsqu'on évite, par l'emploi d'un rappel suffisamment énergique, de faire intervenir le premier essieu accouplé. En revanche, le bissel, naturellement moins chargé que le bogie, laisse disponible pour l'adhérence une fraction plus importante du poids total de la machine.

Le bissel de la locomotive à voie étroite des Chemins de fer départementaux des Ardennes reproduit à peu de chose près les dispositions appliquées à celui de la locomotive compound à deux cylindres et à six roues accouplées que le Jura-Simplon avait fait figurer à l'Exposition universelle de 1889. La charge est transmise à ce bissel par l'intermédiaire d'un galet en fer cémenté et trempé, dont l'axe horizontal est situé dans le plan méridien de la machine et qui peut s'élever à droite et à gauche sur deux plans de roulement inclinés au cinquième. Le galet a évidemment pour but de diminuer l'effort de rappel, qui se rapproche ainsi de ce qu'il serait s'il n'y avait pas de frottement. D'autre part, il assure une répartition à peu près égale des charges sur les deux ressorts de suspension du bissel, lesquels sont entièrement indépendants de ceux du châssis principal.

Le bissel de la locomotive 4012 de la Compagnie du Midi, n'impose à la voie qu'une charge relativement faible de 7 100 kg. Il importait, par suite, d'éviter que cette charge ne subît, en cours de route, des variations importantes, et c'est ainsi que l'on a été conduit à conjuguer les organes de suspension du bissel avec ceux du premier essieu accouplé, au moyen d'un balancier longitudinal situé dans le plan méridien de la machine. Mobile autour d'un axe solidaire du massif des cylindres et qui sert d'appui à l'avant de la machine, ce balancier repose par son extrémité postérieure sur un balancier transversal reposant lui-même sur les extrémités antérieures des ressorts du premier essieu accouplé. Son extrémité avant est suspendue au fond supérieur d'un cylindre vertical creux, mobile dans un fourreau

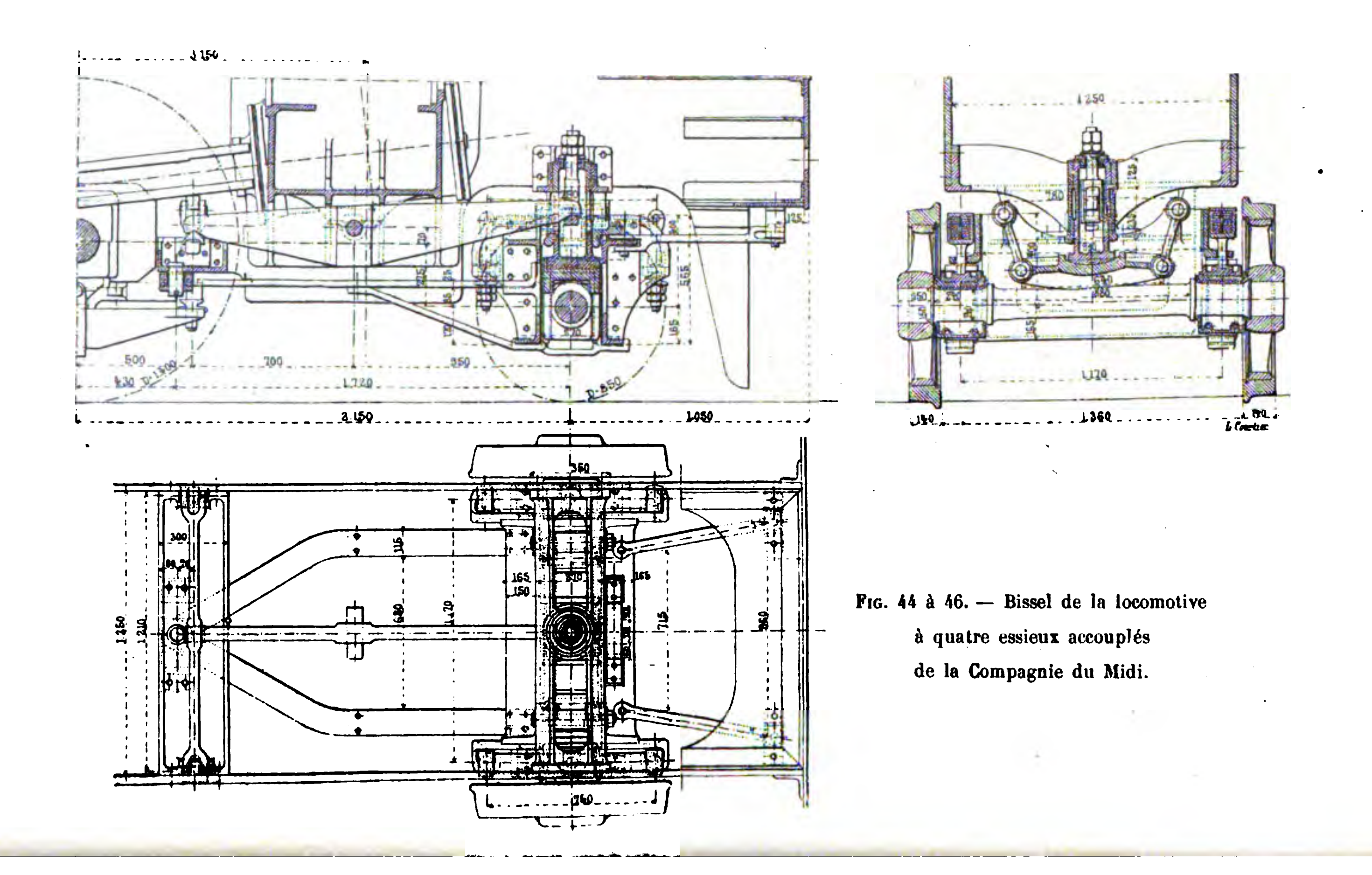


Fig. 44 à 46. — Bissel de la locomotive
à quatre essieux accouplés
de la Compagnie du Midi.

solidaire du châssis principal, et dont le fond inférieur repose sur une civière suspendue au châssis du bissel par quatre menottes inclinées. Ce cylindre joue ainsi le rôle d'une simple tige de pression. La surface qui lui est commune avec la civière n'est pas plane, elle appartient à un cylindre de révolution dont l'axe horizontal est situé dans le plan méridien de la machine. Enfin, le châssis du bissel, chargé en son milieu comme il vient d'être indiqué, repose sur les boîtes de son unique essieu par l'intermédiaire de deux ressorts à lames pour lesquels il constitue un balancier transversal.

Ainsi établi, le bissel de la locomotive 4012 de la Compagnie du Midi présente toutes les caractéristiques du poney-truck américain tel qu'il a été appliqué à un grand nombre de locomotives Mogul et Consolidation. Les menottes de suspension de la civière convergent vers un point situé plus bas que la voie. Elles constituent un mécanisme de rappel médiocre dont l'expérience a montré qu'il ne protège que très imparfaitement contre l'usure les boudins du premier essieu accouplé. Dans les machines similaires actuellement en construction, ce système de rappel sera complété par l'adjonction de ressorts hélicoïdaux.

Nous ajouterons, pour terminer, que les deux bissels exposés à Liège sont tous deux rattachés à la traverse d'avant de la machine par deux bielles convergeant vers l'axe de la cheville ouvrière et destinées à placer le bissel dans la situation d'un véhicule remorqué et non poussé : L'utilité de ces bielles est contestable.

Locomotive a bogies moteurs de la Compagnie du Nord.

Pour compléter l'étude que nous venons de faire des bogies et bissels exposés à Liège, il convient que nous donnions ici quelques détails sur les bogies moteurs de la locomotive à marchandises n° 6121 de la Compagnie du Nord, qu'à cette occasion nous décrirons dans son ensemble.

Cette machine a été spécialement construite pour remorquer les trains de houille se dirigeant des bassins du Nord et du Pas-le-Calais vers l'est, par Hirson, *viâ* Valenciennes ou *viâ* Busigny. Des centres de production à Valenciennes ou à Busigny les déclivités sont relativement faibles (5 et 6 mm par mètre) et les courbes ont de grands rayons. Les sections de Valenciennes à Hirson et de Busigny à Hirson comportent, au contraire, des

rampes de 12 mm par mètre et des courbes sensiblement plus raides.

Les trains de houille à destination du réseau de l'Est, au service desquels étaient affectées naguère des locomotives compound à 4 cylindres et à six roues accouplées semblables à la locomotive 362 exposée par le Nord belge, pèsent, au départ, 950 t brutes; mais la puissance de ces machines étant insuffisante pour remorquer un aussi fort tonnage, même à vitesse réduite, sur des rampes de 12 mm par mètre, une rupture de charge s'imposait à Valenciennes ou à Busigny.

Pour l'éviter, la Compagnie du Nord s'est proposée de construire une locomotive capable de remorquer sur les rampes de 12 mm la charge que remorquent les locomotives à six roues accouplées sur les rampes de 6 mm. C'est le problème de Montréjeau appliqué aux marchandises. Seulement ce n'est pas, comme pourrait le laisser croire cet exposé, la troisième solution de ce problème que poursuivait la Compagnie du Nord. En raison du faible développement du parcours, cette troisième solution aurait conduit à une utilisation imparfaite des machines et du personnel. La deuxième solution aurait conduit, d'autre part, à utiliser incomplètement la puissance de la machine sur les sections les moins accidentées. Il était évidemment préférable d'adopter la première solution qui, dans le cas actuel, consistait à utiliser en vitesse l'excès de puissance disponible sur les sections considérées. Ainsi s'explique le diamètre de 1,455 m adopté pour les roues motrices, diamètre qui permet à la nouvelle machine de réaliser normalement des vitesses de 60 km à l'heure pouvant s'élever occasionnellement à 70 et même 80 km.

D'un autre côté, pour la mettre en mesure de développer l'effort de traction nécessaire à la remorque de 950 t en rampe de 12 mm par mètre sans dépasser, ni par essieu, ni par mètre courant, la limite de charge imposée par les conditions d'établissement de certains ouvrages d'art, il fallait la munir de six essieux moteurs et lui donner une longueur totale entre tampons d'environ 16 m.

Comme il ne pouvait être question de placer ces six essieux sous un même châssis et que, d'autre part, le compoundage à quatre cylindres s'imposait, on décida de répartir essieux et cylindres entre deux trucks ou *bogies moteurs* distincts, constitués chacun par un châssis indépendant muni de deux cylindres et

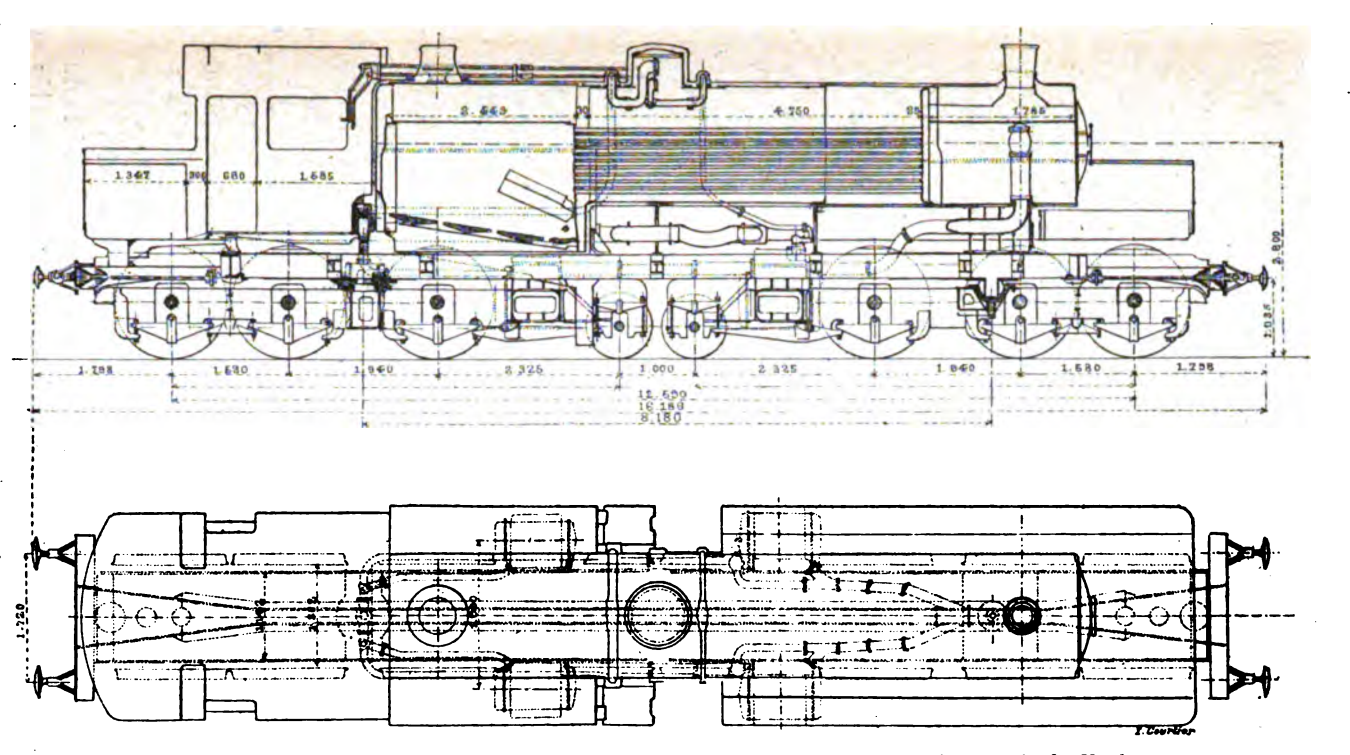


Fig. 47 et 48. — Coupe longitudinale et plan de la locomotive n° 6121 de la Compagnie du Nord.

reposant sur trois essieux accouplés auxquels on dut ajouter un quatrième essieu non accouplé, afin de supprimer le porte-à-faux des cylindres qui, aux grandes vitesses qu'on désirait pouvoir réaliser, aurait présenté des inconvénients.

Le bogie d'avant, voisin de la boîte à fumée, reçut les cylindres de basse pression et celui d'arrière les cylindres de haute pression. Toutefois, pour réduire la longueur des tuyaux formant réservoir intermédiaire et en vue de limiter les condensations de la vapeur dans ce réservoir, les cylindres de haute et de basse pression ont été placés en regard les uns des autres, vers le milieu de la machine, séparés seulement par les deux essieux porteurs.

Les deux bogies ne sont reliés l'un à l'autre que par le châssis principal qu'ils supportent et qui, muni à l'avant et à l'arrière des organes de choc et de traction, porte lui-même la chaudière et une partie des approvisionnements (5 t de charbon et 3 800 l d'eau). Pour laisser au bogie d'avant une masse suffisante et décharger d'autant la partie haute de la machine, la majeure partie de l'approvisionnement d'eau (9 000 l sur un total de 12 800) a été emmagasinée dans des caisses latérales portées directement par le bogie d'avant.

On a parfois comparé cette machine à la machine articulée de M. Mallet. Il est vrai que toutes deux comportent deux groupes de deux cylindres chacun, compoundés entre eux, mais fixés à des châssis différents et actionnant deux groupes distincts d'essieux accouplés. Mais l'analogie s'arrête là, les deux châssis de la locomotive Mallet, reliés l'un à l'autre par une sorte de charnière verticale, portant eux-mêmes les organes de choc et de traction et supportant directement la chaudière et ses accessoires.

A ne considérer que les caractéristiques du véhicule, nous serions plutôt tenté de rapprocher la locomotive à bogies moteurs du Nord des deux anciennes locomotives « Seraing » et « Wiener-Neustadt », ces deux vaincues du mémorable concours du Semmering où il semble que les machines aient été classées à rebours, dans l'ordre inverse de leur mérite. Nous la rapprocherions même plus spécialement de la locomotive « Seraing » pour laquelle Couche ne cachait pas ses préférences.

Toutes deux comportaient, en effet, comme la machine du Nord, deux bogies moteurs à deux cylindres, non compoundés entre eux, bien entendu, mais supportant un châssis principal sur lequel reposait la chaudière et auquel étaient fixés les attelages et

les tampons de choc. Mais, tandis que les bogies de la « Wiener-Neustadt » étaient tous deux à surfaces d'appui planes et n'étaient, par suite, susceptibles de prendre par rapport au châssis principal qu'un mouvement relatif de pivotement, ceux de la « Seraing » étaient à appuis sphériques latéraux en sorte qu'ils n'étaient pas astreints à participer aux oscillations longitudinales du châssis principal.

La solution appliquée à la locomotive du Nord est évidemment préférable : le bogie d'avant, étant à appui central sphérique, peut se dégauchir dans tous les sens par rapport au bogie d'arrière. Cet appui central est d'ailleurs complété par des appuis latéraux élastiques, organes de sûreté qui n'interviennent que pour amortir et limiter les oscillations transversales du châssis principal. Quant au bogie d'arrière, il a été pourvu de surfaces d'appui planes, dont une centrale et quatre latérales. Leur seul inconvénient est ici de modifier légèrement la répartition, lorsque la machine passe d'une déclivité sur une autre ; elles présentent d'autre part, l'avantage de ne pas compliquer les articulations des tuyaux de prise de vapeur.

Abstraction faite des pivots et de leurs supports, les châssis des deux bogies sont entièrement semblables. Ils sont formés de deux longerons en tôle d'acier doux de 24 mm d'épaisseur, entretoisés par des caisses en acier moulé et par des tôles horizontales régnant sur toute la longueur des châssis. Les mécanismes des deux bogies sont identiques et ne diffèrent que par le diamètre des cylindres. Les essieux porteurs ont un jeu longitudinal de sorte que l'empattement rigide de chaque bogie se réduit à celui du train accouplé qui est de 3,47 m. Leur empattement total est de 5,795 m. Enfin les ressorts de suspension sont conjugués par des balanciers à bras inégaux placés entre les roues porteuses et les roues accouplées voisines, et par des balanciers à bras égaux placés entre les roues motrices et les roues accouplées extrêmes.

Le châssis principal présente une disposition toute particulière, appropriée aux fonctions qu'il doit remplir et qui consistent :

1° A reporter le poids de la superstructure sur les bogies ;

2° A transmettre les efforts de traction des pivots au crochet de traction ;

3° A assurer le tamponnement à l'avant et à l'arrière.

Sa forme est celle d'une poutre rectiligne horizontale creuse constituée par deux flasques verticales, réunies par quatre cor-

nières à deux semelles horizontales et entretoisées par plusieurs pièces en acier moulé. Ses deux extrémités s'évasent, au delà des pivots, en forme de V et portent les traverses d'attelage AV et AR. En raison de la grande distance qui sépare ces dernières l'une de l'autre et du pivot le plus voisin, il convenait de prendre quelques dispositions pour que, dans les courbes de faible rayon, le contact des tampons de la machine avec ceux du premier véhicule attelé s'établisse dans de bonnes conditions. A cet effet, on a élargi les champignons des tampons et doublé leur course par l'addition d'un deuxième ressort de choc. D'autre part, pour empêcher, dans ces mêmes courbes, que la transmission des efforts de traction ne soumette les bogies à des réactions latérales trop intenses, on a porté à 1,600 m la longueur de la tige des crochets d'attelage, qui sont ainsi rattachés au châssis principal en un point aussi voisin que possible du pivot correspondant. Cette tige est pourvue, comme celle des tampons, de deux ressorts en volute indépendants l'un de l'autre et assurant l'élasticité de l'attelage jusqu'à concurrence de 24 t d'effort de traction.

Un problème toujours délicat, spécial aux machines dont les diverses parties prennent les unes par rapport aux autres des mouvements relatifs complexes, est celui des communications à établir entre la chaudière et les cylindres et réciproquement. Dans l'espèce, les principaux tuyaux dont il fallait assurer la flexibilité, voire l'extensibilité, sont :

1° Les tuyaux de prise de vapeur H.P. ;

2° Les tuyaux conduisant la vapeur des cylindres H.P. aux cylindres B.P.;

3° Les tuyaux d'échappement;

4° Le tuyau de prise de vapeur directe des cylindres B.P.;

5° Le tuyau de communication des caisses à eau d'avant avec les caisses à eau d'arrière.

Étant données les conditions d'établissement du bogie AR, une articulation simple pouvait suffire aux tuyaux de prise de vapeur des cylindres H.P., pourvu que son axe coïncidât avec celui du pivot. Elle est réalisée par deux culottes de bronze dont les troncs s'emboîtent verticalement l'un dans l'autre. Les deux branches de la culotte supérieure communiquent par des tuyaux situés de part et d'autre de la chaudière, avec le dôme de prise de vapeur; celles de la culotte inférieure, prolongées par

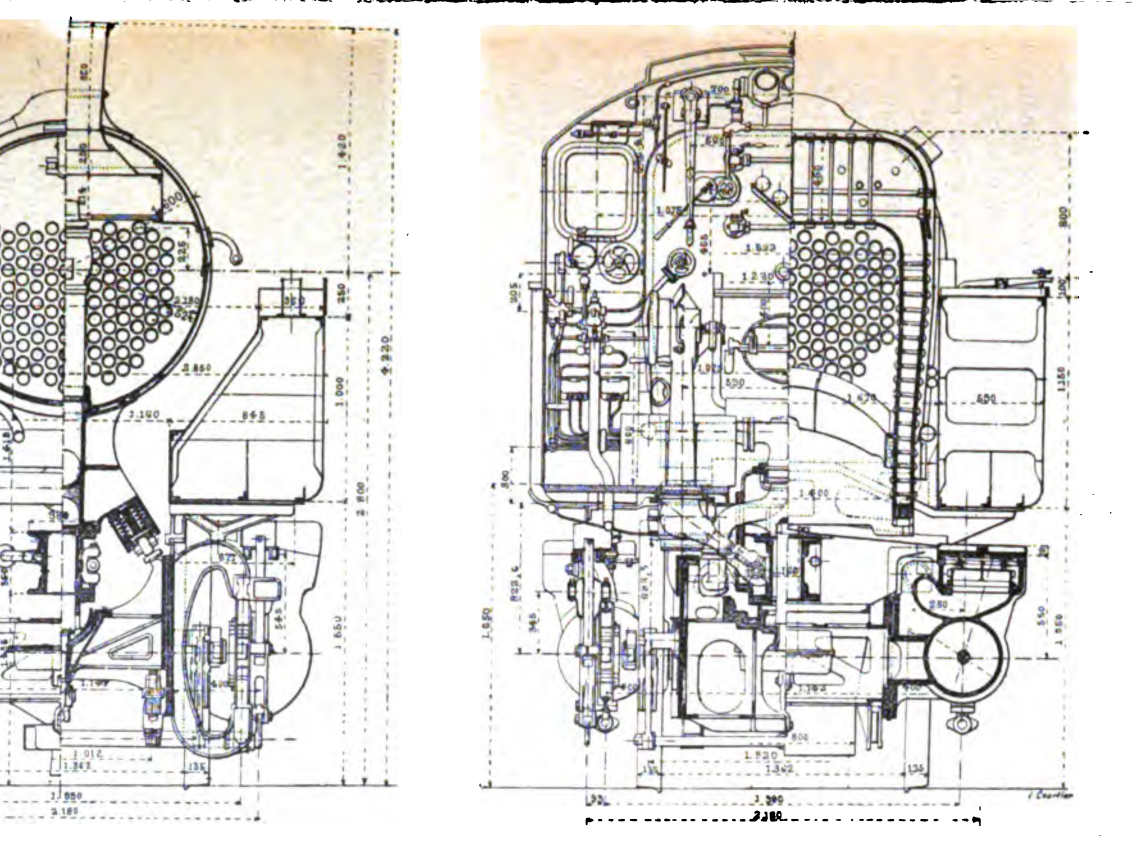


Fig. 49 et 50. — Coupes transversales de la locomotive n° 6121 de la Compagnie du Nord.

des tuyaux d'acier, aboutissent aux boîtes à vapeur des cylindres de haute pression.

La culotte supérieure repose sur des glissières longitudinales en fer, solidaires de la poutre, et sur lesquelles elle coulisse, par l'effet de la dilatation des tuyaux, de manière qu'en service l'axe commun des deux culottes se place exactement au-dessus et dans le prolongement de l'axe du pivot. Ces mêmes glissières empêchent la culotte supérieure de participer aux déplacements angulaires du bogie arrière et de se soulever sous la poussée de la vapeur. La culotte inférieure, au contraire, est rendue solidaire des mouvements de rotation du bogie par un arbre vertical auquel elle est clavetée et qui lui sert en même temps d'appui. L'étanchéité de l'emboîtement est assurée par une garniture métallique dont le serrage est réglé par un dispositif spécial d'écrous avec rondelles Belleville.

Du groupe de cylindres H.P. au groupe de cylindres B.P., la communication est établie au moyen de deux tuyauteries latérales dont chacune relie un cylindre H.P. avec le cylindre B.P. du même côté. Chacune d'elles comprend : deux tubulures porte-rotules en fonte, boulonnées, l'une sur le cylindre H.P., l'autre sur le cylindre B.P.; deux rotules ou *tuyaux-rotules* sphériques en bronze pouvant tourner dans tous les sens dans les porte-rotules ; enfin deux manchons solidaires des rotules dont ils forment le prolongement et qui s'emboîtent télescopiquement l'un dans l'autre sur une assez grande longueur. Les joints des rotules sont constitués par des garnitures à bagues coniques en métal blanc ; quant à l'étanchéité de l'emboîtement télescopique, elle est obtenue grâce à une série de cannelures circulaires pratiquées sur la pièce mâle de l'emboîtement.

Les autres tuyaux, et notamment les tuyaux d'échappement et d'admission directe aux cylindres B.P., sont constitués, sur une partie plus ou moins importante de leur développement, par du caoutchouc entoilé, armé, voire cuirassé, qui assure leur flexibilité (1).

La locomotive en question présente quelques autres parti-

(1) Malgré les progrès réalisés dans ces dernières années par l'industrie du caoutchouc, ces tuyaux n'ont pas donné satisfaction. Aussi, pour les seize locomotives semblables actuellement en construction, a-t-on limité leur emploi à la communication à établir entre les caisses à eau. Partout ailleurs, on a eu recours aux manchons à rotule et à emboîtement télescopique qui ont donné, tout au contraire d'excellents résultats. Également appliqué aux tuyaux de prise de vapeur, ce système permettra d'en réduire le développement et, par conséquent, d'éviter les pertes de charge assez sensibles, tout au moins aux grandes vitesses, qu'on a constatées sur les deux premières machines de la série.

cularités dont nous nous occuperons dans des chapitres relatifs à la production et à l'utilisation de la vapeur. Nous nous bornerons à signaler ici que, pourvue d'une chaudière timbrée à 16 kg par centimètre carré et d'une grille de 3 m² de surface, cette locomotive répond pleinement au programme que s'était posé la Compagnie du Nord.

Aux essais qui ont eu lieu le 23 septembre 1905 avec la machine 6122, et auxquels nous avons pu assister grâce à l'obligeance de M. du Bousquet, cette machine a remorqué :

1 000 t sur le parcours de Beaumont à Beauvais,
915 — Beauvais à Beaumont,
800 — Beaumont à La Plaine,

comportant respectivement des rampes maxima de 10, 12 et 13,1 mm régnant sur plusieurs kilomètres, sans que la vitesse se soit abaissée notablement au-dessous de 20 km à l'heure.

Attelé à un train spécial de matériel à voyageurs mis en marche le même jour entre Paris et Beaumont, cette machine s'est fait remarquer par sa grande stabilité à des vitesses qui ont atteint et dépassé 80 km à l'heure. Nous nous trouvions sur la machine à un moment où cette vitesse de 80 km fut atteinte et nous devons reconnaître que jamais sur aucune machine nous n'avons eu, à cette vitesse, l'impression d'une stabilité aussi parfaite. On sait les craintes qu'inspirent encore à beaucoup de personnes, même à des Ingénieurs qui ne sont pas, il est vrai, des spécialistes de la locomotive, la présence de deux machines en tête d'un train. Il n'est donc pas sans intérêt de constater que cette sorte de record de la stabilité à la vitesse de 80 km à l'heure est actuellement détenu par une locomotive qu'on peut considérer comme l'apologie de la double traction.

Hauteur de l'axe du corps cylindrique des chaudières au-dessus des rails.

Une cote dont on enregistre aujourd'hui avec intérêt l'accroissement, parce qu'elle est un indice de la hauteur du centre de gravité des locomotives, est la hauteur de l'axe du corps cylindrique des chaudières au-dessus du niveau supérieur des rails. Jadis, les constructeurs estimaient qu'il était de la plus haute importance, au point de vue de la stabilité, d'abaisser autant que possible le centre de gravité d'une locomotive, et cette manière de voir a aujourd'hui encore ses partisans.

Cependant, dès 1849, Lechatelier la combattait en ces termes, à propos de la locomotive Crampton, qui venait alors de faire son apparition (1) : « Le centre de gravité est placé très bas, » mais je ne pense pas, pour mon compte, que cette condition » soit nécessaire. On s'est souvent surtout appliqué, dans la cons- » truction des machines locomotives, à abaisser autant que possible » le centre de gravité du système, et cependant l'appréciation » théorique des conséquences du relèvement ou de l'abaissement » du centre de gravité, jointe à l'observation des faits, démontre » que la position de ce point n'entre pour rien dans les conditions » de la stabilité. » Donc, aux yeux de Lechatelier, l'élévation du centre de gravité ne présentait, au point de vue considéré, aucun inconvénient. Pour lui trouver à ce même point de vue des avantages, il faut attendre jusqu'en 1877, époque à laquelle Reynolds osait déclarer que « de toutes les locomotives à grande vitesse qui » circulent aujourd'hui, ce sont les plus hautes qui présentent la » plus grande sécurité ». A vrai dire, ce n'est là encore que la constatation du *cum hoc*. Ce n'est pas encore l'affirmation du *propter hoc*. Néanmoins, on sent que dans la pensée de Reynolds il existait une relation de cause à effet entre la hauteur des machines et leur stabilité.

Il faut aller jusqu'en 1895 pour trouver dans les publications spéciales une justification satisfaisante d'une thèse que le plus grand nombre taxait de subversive. Ébauchée par M. Aspinall, alors Ingénieur en chef du Matériel et de la Traction du *Lancashire and Yorkshire Railway*, dans son exposé de la question VI (locomotives à grande vitesse) au Congrès de Londres, elle a été développée par M. Maurice Demoulin, en novembre 1895, dans un article du *Génie Civil*, et, plus tard, en 1898, dans son remarquable *Traité de la machine locomotive*.

Du rapport de M. Aspinall, il résultait qu'au commencement de l'année 1905 la cote de 2,50 m n'était atteinte en Europe que par une seule machine, la locomotive compound à six roues accouplées du Chemin de fer du Vladicaucase, alors que les machines américaines dépassaient fréquemment cette cote et que l'une d'elles, la machine à grande vitesse du *New-York Central and Hudson River Railroad* atteignait même 2,73 m. Cette machine est celle que M. Buchanan, Ingénieur en chef du réseau considéré, avait fait figurer à l'Exposition de 1893, à Chicago, où elle fut très

(1) *Étude sur la stabilité des machines locomotives en mouvement*, par L. Lechatelier, Ingénieur des Mines. Paris, Librairie Scientifique-Industrielle de L. Mathias, 1849.

remarquée, mais où le record de l'altitude du corps cylindrique était en réalité détenu par la « Columbia », de la maison Baldwin, pour laquelle cette cote atteignait 2,794 m.

En 1904, à Saint-Louis, il n'y avait pas moins de seize locomotives présentant des chiffres supérieurs à 2,80 m. Les deux plus élevés, ceux relatifs à la locomotive à cinq essieux accouplés du *Atchison Topeka and Santa-Fé Railroad* et à la locomotive Mallet à 2 × 6 roues accouplées du *Baltimore-Ohio*, étaient respectivement de 2,997 m et 3,048 m.

Sans aller aussi loin, l'Exposition de Liège marquait, sous ce rapport, un progrès notable sur ses devancières. Des vingt-trois locomotives de grandes lignes qui figurent au tableau V, huit seu-

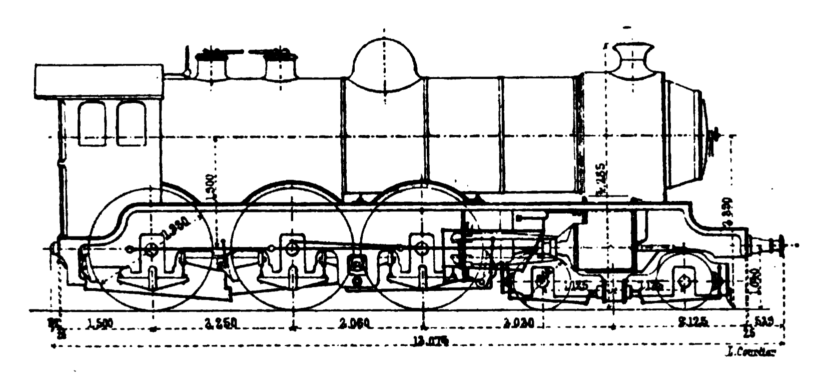


Fig. 51. — Locomotive type 19 de l'État belge.

lement, dont une française et sept belges, ont l'axe de leur corps cylindrique à moins de 2,50 m du niveau des rails. Cette hauteur atteint, du côté français :

2,700 m pour la machine à six roues accouplées du P.-O.;
2,800 m — à deux bogies moteurs du Nord;

Du côté belge :

2,700 m pour l'Atlantic de l'État belge;
2,805 m pour la machine à quatre cylindres égaux;
2,890 m pour les Compound des types 19 et 19 *bis*.

La tendance est d'ailleurs générale et l'on peut dire que les constructeurs d'aucun pays n'appréhendent aujourd'hui de se relever les chaudières et de se donner ainsi, pour l'agencement du mécanisme et le développement de la chaudière elle-même, des facilités qu'ils croyaient devoir se refuser autrefois. Et s'ils se sont résolument engagés dans cette voie, ce n'est point qu'ils

soient devenus plus téméraires ou que la prudence de leurs devanciers leur ait paru exagérée ; c'est qu'ils ont acquis la conviction que la surélévation du centre de gravité du poids suspendu d'une locomotive, loin de compromettre sa stabilité, est, au contraire, de nature à l'améliorer. L'opinion contraire a été soutenue encore assez récemment pour que nous jugions utile d'entrer ici dans quelques développements et de préciser les avantages qui nous paraissent résulter de la surélévation du centre de gravité pour la sécurité de la circulation, tout particulièrement dans les courbes.

Influence de l'altitude du centre de gravité des locomotives sur leur stabilité.

Considérons une locomotive se déplaçant à une vitesse constante sur une voie en arc de cercle dépourvue de dévers. On sait que les Ingénieurs de la voie ne considèrent pas le dévers comme un élément de sécurité et que, en fait, les dévers sont généralement inférieurs à ceux qu'on déduirait d'un calcul basé sur la seule considération de la force centrifuge et des vitesses maxima. L'hypothèse d'un dévers nul, qui simplifie notre raisonnement, ne nous place donc pas dans des conditions différentes de celles de la pratique.

Fig. 52.

La déviation progressive de cette locomotive se produit sous l'action d'une force centripète représentée en l'espèce par la résultante φ des réactions horizontales exercées par les rails normalement à la courbe. Soient G (*fig.* 52) le centre de gravité général de la machine et H sa hauteur au-dessus du niveau des rails. En vertu du théorème de d'Alembert, il y a équilibre suivant l'horizontale entre la force φ et la force centrifuge $-\varphi$ appliquée en G. De là un couple de moment φ H qui aura pour effet de surcharger le rail extérieur d'une quantité totale S et le rail intérieur d'une quantité — S. Le couple φ H sera donc équilibré par un autre couple constitué par les variations intervenues

dans l'intensité des réactions verticales des rails, ce qui permet d'écrire :

$$\varphi H = Se$$

e étant l'écartement des rails, et, par suite,

$$S = \frac{\varphi H}{e}. \qquad [1]$$

Le rail extérieur sera donc d'autant plus surchargé que le centre de gravité G sera plus élevé. Ce même rail, étant d'autre part, soumis à la poussée horizontale exercée par les boudins des roues, la résultante des forces qui lui seront appliquées se rapproche de la verticale au fur et à mesure que H grandit. De ce raisonnement, où nous avons implicitement supposé que la locomotive est dépourvue de ressorts de suspension, on peut donc déjà conclure que la surélévation du centre de gravité a pour conséquence une *réduction progressive des tendances au ripage et au renversement du rail extérieur*. Or, il est facile de montrer que ces effets sont encore accentués par le jeu des ressorts de suspension.

Soient F et f les valeurs respectives de la force centripète appliquée à la partie suspendue de la machine et de celle qui est appliquée à la partie non suspendue, de telle sorte que l'on ait

$$F + f = \varphi.$$

Soient, d'ailleurs :

G_1 le centre de gravité de la partie suspendue ;

G_2 celui de la partie non suspendue, que nous supposons constituée par des essieux montés sur roues de même diamètre ;

R le rayon de ces roues ;

h, h_1 les altitudes respectives de G, G_1 au-dessus de G_2.

La partie non suspendue donnera lieu, sous l'influence des forces *horizontales* qui lui sont directement appliquées, à une surcharge du rail extérieur égale à :

$$\frac{(F + f)\, R}{e}. \qquad [2]$$

Quant à la partie suspendue, elle prendra, sous l'influence du couple Fh_1 et grâce à la flexibilité de ses appuis, une position particulière, différente de sa position d'équilibre normale et pour la détermination de laquelle il suffit d'appliquer les principes que nous avons exposés l'an dernier dans un mémoire publié par

la *Revue générale des Chemins de fer et des Tramways* (1). Nous avons montré dans ce mémoire :

1° Que, sous l'influence d'un couple transversal quelconque, tel que Fh_1, la partie suspendue effectue une rotation autour d'un axe longitudinal passant par un point que nous avons appelé *centre élastique de la suspension* et qui ne diffère pas de celui que M. Georges Marié, dans un mémoire paru presque simultanément, a appelé de son côté *centre d'oscillation* ;

2° Que, dans les locomotives, ce point est situé à la fois dans le plan méridien de la machine et dans le plan mené par les axes des essieux accouplés, à une distance de ces essieux facile à déterminer, mais qui est sans influence sur le phénomène dont nous nous occupons présentement ;

3° Que l'amplitude de la rotation effectuée par la partie suspendue autour de l'axe considéré, pour passer de sa position d'équilibre normale à celle que nous nous proposons de déterminer, est donnée, à peu de chose près, par la formule :

$$\theta = \frac{Fh_1}{2\sum\frac{a^2}{i} - Qh_1}, \qquad [3]$$

dans laquelle a désigne le demi-écartement des ressorts de suspension d'un essieu quelconque, i leur flexibilité, Q le poids de la partie suspendue, le nombre de termes compris sous le signe Σ et pouvant différer entre eux étant d'ailleurs égal au nombre des essieux.

Il suit de là que la surcharge imposée à un essieu quelconque par le ressort placé du côté du rail extérieur a pour expression :

$$\frac{\theta a}{i} = \frac{Fh_1}{2\sum\frac{a^2}{i} - Qh_1} \times \frac{a}{i}.$$

Transmise au rail, cette surcharge devient :

$$\frac{\theta a}{i} \times \frac{2a}{e} = \frac{\frac{Fh_1}{e}}{2\sum\frac{a^2}{i} - Qh_1} \times \frac{2a^2}{i},$$

(1) *Revue générale des Chemins de fer et des Tramways*. Juin 1905 : Recherches sur le fonctionnement des organes de la suspension dans les locomotives.

et la somme des surcharges semblables imposées aux essieux et transmises au rail est :

$$\frac{\frac{Fh_1}{e}}{1 - \frac{Qh_1}{2\sum\frac{a^2}{i}}}.$$

Ajoutons à ces surcharges celle qui est due aux forces horizontales appliquées aux organes non suspendus et dont la valeur est donnée par l'expression [2]; il vient pour la somme des surcharges appliquées au rail extérieur :

$$S = \frac{(F + f)\,R}{e} + \frac{\frac{Fh'_1}{e}}{1 - \frac{Qh_1}{2\sum\frac{a^2}{i}}}$$

Cette formule montre que S *croît non seulement avec* h_1, *altitude du centre de gravité de la partie suspendue, mais encore avec la flexibilité des ressorts de suspension.* Elle montre aussi que, pour une flexibilité donnée des ressorts, S *croît plus rapidement avec* h_1 *que s'il n'y avait pas de ressorts.*

Si les flexibilités sont nulles, l'expression de S devient :

$$S = \frac{(F + f)\,R}{e} + \frac{Fh_1}{e} = \frac{\varphi H}{e};$$

et nous retrouvons ainsi l'expression [1].

Cependant, les surcharges imposées au rail extérieur ne constituent pas le seul avantage que présente, au point de vue de la stabilité, la surélévation du centre de gravité du poids suspendu. Supposons que la voie en arc de cercle que nous venons de considérer succède immédiatement, c'est-à-dire sans l'interposition d'aucun raccordement parabolique, à un alignement droit. Cette hypothèse, comme la précédente, ne nous place pas dans des conditions très différentes de celles de la pratique, attendu qu'un rès grand nombre de courbes, notamment sur les lignes de construction ancienne, ne comportent que des raccordements de aible longueur, qui atténuent, mais ne suppriment pas le choc lû à l'application subite de la force centripète au moment où la courbe est abordée par la locomotive. Il est bien clair que, si le entre de gravité de celle-ci, supposée dépourvue de ressorts de

suspension et assimilable à un système à liaisons complètes, était au niveau des rails, la presque totalité de la force vive que représente ce choc serait absorbée par une déformation, permanente ou non, de la voie et que la tendance au ripage atteindrait son maximum.

Il en serait à peu près de même si, toutes choses restant égales, le centre de gravité était placé à une certaine hauteur au-dessus des rails, avec cette différence cependant que le rail se déformerait, non seulement dans un plan horizontal, mais encore dans un plan vertical et que, par suite, la tendance au ripage serait moindre.

Mais il en est tout autrement pour une machine pourvue de ressorts, attendu que, dans ce cas, une partie notable de la force vive à amortir est absorbée par leur flexion. Dans un de ses mémoires sur les oscillations du matériel de chemin de fer, M. Georges Marié a montré que l'amplitude de la première oscillation de roulis, due à l'application subite d'un couple tel que Fh_1 à la partie suspendue d'un véhicule, est précisément égale au double de la déviation θ dont nous avons donné plus haut l'expression et qui définit la position d'équilibre que prendrait la même partie suspendue sous l'action constante du même couple. Cette amplitude est par suite :

$$2\theta = \frac{2Fh_1}{2\sum\frac{a^2}{i} - Q_1}.$$

On sait, d'autre part, que le travail t absorbé par un ressort de flexibilité i, lorsque sa charge passe de la valeur q à la valeur $q + \Delta q$, est :

$$t = iq\Delta q + i\frac{\overline{\Delta q}^2}{2};$$

mais $$\Delta q = \frac{2\theta a}{i},$$

donc $$t = 2\theta qa + 2\frac{\theta^2 a^2}{i},$$

et, si on fait la somme de ces travaux pour l'ensemble des ressorts en observant que Σqa donne pour chaque côté de la machine des valeurs égales et de signes contraires, il vient :

$$T = 4\theta^2\sum\frac{a^2}{i},$$

le nombre des termes placés sous le signe Σ étant égal au nombre des essieux. Remplaçons enfin θ par sa valeur, il vient :

$$T = \left[\frac{2Fh_1}{2\sum \frac{a^2}{i} - Qh_1} \right]^2 \sum \frac{a^2}{i}.$$

Telle est la valeur approximative du travail absorbé par les ressorts au cours de la première oscillation et qui viendra en déduction de la force vive à amortir par la voie. Évidemment nul quand les flexibilités sont nulles, c'est-à-dire quand les ressorts font défaut, ce travail grandit rapidement avec h_1 quand les flexibilités ont une valeur finie.

La surélévation du centre de gravité présente ainsi, à l'entrée des courbes, un double avantage : d'une part, le rail extérieur est surchargé ; d'autre part, l'intensité des actions offensives qui lui sont infligées dans le sens horizontal sont diminuées. Ces deux effets contribuent tous deux à rapprocher de la verticale la résultante des forces appliquées à ce rail, à supprimer ses tendances au ripage ou au renversement et, par suite, à augmenter sa stabilité. Ils ne se manifestent d'ailleurs pas uniquement à l'entrée des courbes, mais encore en alignement droit, dans toutes les circonstances où les roues d'avant de la machine se rapprochent des rails pour leur infliger un choc plus ou moins intense.

En surélevant le centre de gravité, on n'augmente pas, il est vrai, la stabilité propre des machines dans le sens vulgaire de ce mot. Il n'est cependant pas contestable qu'un des plus sûrs moyens de rendre une machine stable est de rendre stable la voie qu'elle doit parcourir. C'est pour avoir méconnu cette vérité, pourtant élémentaire, que certains auteurs ont tenu pour douteuse l'influence favorable de l'élévation du centre de gravité sur la sécurité de la circulation, se contentant d'admettre qu'il n'en résulte pas des inconvénients de nature à compenser les avantages qu'on y trouve, d'autre part, au point de vue de l'aménagement de la machine.

ALTITUDES DANGEREUSES.

Le fait qu'en élevant indéfiniment le centre de gravité d'une machine on compromettrait manifestement sa stabilité n'est

d'ailleurs pas une objection à la théorie que nous venons d'exposer.

A la surcharge imposée au rail extérieur d'une courbe correspond, il est vrai, une décharge égale du rail intérieur, et si la première offre d'incontestables avantages, il n'est pas douteux que la seconde présente, quand elle est exagérée, de sérieux inconvénients. On doit donc admettre l'existence d'une hauteur limite au delà de laquelle les inconvénients d'une nouvelle surélévation du centre de gravité l'emporteraient sur ses avantages. Toute la question est de savoir quelle est cette limite, dans quelle mesure on s'en rapproche dans les locomotives actuelles et jusqu'à quel point il est utile de s'en préoccuper dans la construction de ces machines, étant données les exigences du gabarit.

La réponse serait facile si la locomotive était un système à liaisons complètes, autrement dit si les essieux étaient assujettis à se mouvoir dans des paliers solidaires du châssis. Il suffirait alors d'écrire qu'en aucun cas le rail intérieur d'une courbe ne pourra être entièrement déchargé.

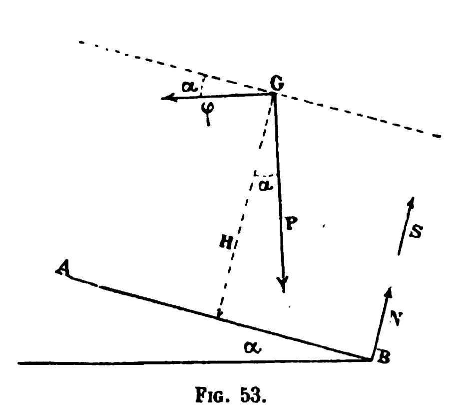


Fig. 53.

En effet, soient AB (*fig. 53*) la voie parcourue, α son dévers, G le centre de gravité de la machine, P son poids, φ la force centrifuge appliquée en G. Soient encore N la réaction normale à la voie du rail intérieur et S l'ensemble des forces de soulèvement développées par l'inertie des contrepoids lorsque, dans l'équilibrage des organes animés de mouvements relatifs, on ne s'est pas contenté de l'équilibre vertical.

L'équation des moments pris par rapport au rail A est :

$$(N + S)\,e + H(\varphi \cos \alpha - P \sin \alpha) - \frac{e}{2}(P \cos \alpha + \varphi \sin \alpha) = 0$$

d'où :

$$N = \frac{\frac{e}{2}(P \cos \alpha + \varphi \sin \alpha) - H(\varphi \cos \alpha - P \sin \alpha) - Se}{e}.$$

Si on veut avoir : $N > 0,$

il faut que l'on ait :

$$H < \frac{e}{2}\left(\frac{P\cos\alpha + \varphi\sin\alpha - 2S}{\varphi\cos\alpha - P\sin\alpha}\right).$$

Soient actuellement v la vitesse en mètres par secondes et ρ le rayon de la courbe, on a évidemment :

$$\varphi = \frac{Pv^2}{g\rho}.$$

Posons, d'autre part,

$$\frac{v^2}{g\rho} = tg\beta.$$

L'inégalité précédente devient :

$$H < \frac{e}{2}\left[\frac{1}{tg(\beta - \alpha)} - \frac{2S\cos\beta}{P\sin(\beta - \alpha)}\right] \qquad [4]$$

forme sous laquelle il est visible que le second membre grandit quand α varie de 0 à β et devient infini, comme il fallait s'y attendre, quand $\alpha = \beta$.

Soient $v = 33{,}33$ m (120 km à l'heure), $\rho = 500$ m, $S = 0$, comme c'est généralement le cas dans les machines modernes et, pour nous placer dans des conditions particulièrement défavorables, supposons le dévers nul. L'inégalité [4] exige que la hauteur du centre de gravité de la machine soit inférieure à 3,30 m, limite manifestement inaccessible dans la pratique.

Mais la locomotive n'est pas un système à liaisons complètes. Elle comporte une partie suspendue et une partie non suspendue. Or, la première peut effectuer par rapport à la seconde et autour d'un axe longitudinal passant par le centre élastique un déplacement angulaire qui, bien que limité, complique le phénomène du renversement latéral. On obtiendra néanmoins d'une manière simple une limite supérieure de l'altitude du centre de gravité en exprimant que l'amplitude du déplacement angulaire de la partie suspendue n'excédera en aucun cas une valeur donnée Θ, déterminée elle-même par la condition que les longerons ne porteront pas sur les boites ou qu'aucun ressort ne sera entièrement déchargé.

Soient O *(fig. 54)* le centre élastique ; G_1 le centre de gravité, Q le poids de la partie suspendue ; F la force centrifuge qui lui

est appliquée ; enfin θ la déviation angulaire permanente qu'elle éprouverait sous l'action prolongée de F.

L'équation des moments est :

$$2\sum\frac{\theta a^2}{i} = Fh_1 \cos(\alpha - \theta) - Qh_1 \sin(\alpha - \theta),$$

d'où on tire :

$$\theta = \frac{Fh_1 \cos\alpha - Qh_1 \sin\alpha}{2\sum\frac{a^2}{i} - Fh_1 \sin\alpha - Qh_1 \cos\alpha}.$$

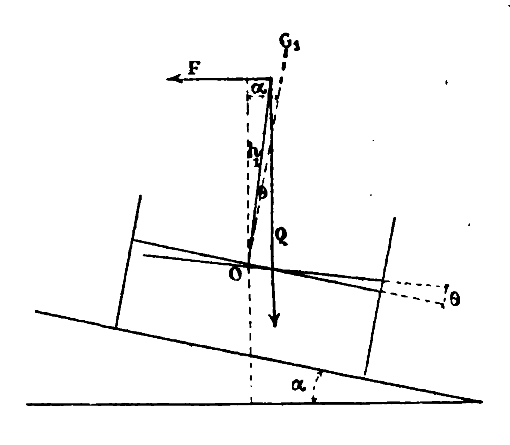


Fig. 54.

Appliquée brusquement, la force F produira une oscillation d'amplitude 2θ et la condition :

$$2\theta < \Theta$$

exige que l'on ait :

$$h_1 < \frac{2\Theta\sum\frac{a^2}{i}}{2(F\cos\alpha - Q\sin\alpha) + \Theta(F\sin\alpha + Q\cos\alpha)},$$

ou, si on remplace F par sa valeur $\frac{Qv^2}{g\rho}$ et h_1 par $H - R$:

$$H < R + \frac{2\Theta\sum\frac{a^2}{i}}{Q\cos\alpha\left[2\left(\frac{v^2}{g\rho} - tg\alpha\right) + \Theta\left(\frac{v^2}{g\rho}\,tg\alpha + 1\right)\right]}. \quad [5]$$

Prenons pour exemple la locomotive Atlantic de la Compagnie du Nord (n° 16 de nos tableaux) pour laquelle on a

$$\sum \frac{a^2}{i} = 497815$$

$$Q = 52414 \text{ k}$$

$$R = 1{,}02 \text{ m.}$$

Supposons qu'elle aborde à la vitesse de 120 km à l'heure une courbe de 500 m de rayon, sans dévers ni raccordement parabolique, et calculons la limite à imposer à l'altitude de son centre de gravité pour que, sous l'influence de la secousse, les longeronnets des bogies ne se déplacent pas verticalement de plus de 20 mm : à 22 mm, les ressorts du côté intérieur seraient complètement déchargés. L'écartement des longeronnets étant de de 1,940 m, on a :

$$\theta = \frac{2 \times 20}{1940}.$$

Dans ces conditions, la formule [5] donne :

$$H < 1{,}86.$$

Bien que très inférieure à la précédente, cette limite peut encore être considérée comme inaccessible dans la pratique. En effet, le centre de gravité général des Atlantic du Nord est à une altitude de 1,577 m. Pour l'élever jusqu'a 1,86 m, il faudrait surhausser la chaudière, qui pèse 26,6 t en ordre de marche, de 0,71 m et, par conséquent, placer l'axe du corps cylindrique à une altitude de 3,23 m, incompatible avec le gabarit (1).

Ces chiffres sont des plus rassurants, d'autant plus rassurants que la limite donnée par la condition [5] est calculée par défaut, nos formules ne faisant entrer en ligne de compte ni les frottements, ni les déplacements du bogie, et que, d'ailleurs, en supposant la courbe dépourvue à la fois de dévers et de raccordement parabolique, nous nous sommes placé dans des conditions qu'on ne rencontre jamais dans la pratique.

(1) Des six locomotives américaines qui figuraient à Saint-Louis et dont l'axe de la chaudière était à une altitude supérieure à 2,89 m, aucune ne passerait dans notre gabarit. Leur hauteur totale est, en effet, comprise entre 4,515 m et 4,788 m.

Faisons dans la formule [5] :

$$\frac{v^2}{g\rho} = tg\alpha,$$

ce qui revient à supposer le dévers adéquat à la force centrifuge,

il vient:
$$h_1 < \frac{2 \cos \alpha \sum \frac{a^2}{i}}{Q}, \qquad [6]$$

inégalité dans laquelle Θ ne joue plus aucun rôle.

C'est la *condition de stabilité* de M. Georges Marié. Nous avons appelé nous-même *altitude critique* la limite supérieure qu'elle impose à h_1, limite au delà de laquelle l'équilibre du poids suspendu devient instable, les forces appliquées en G_1 n'étant plus susceptibles d'être équilibrées par les réactions des ressorts que dans le cas particulier où $\theta = 0$.

Appliquée à la locomotive Atlantic du Nord, la condition [6] donne, pour $\alpha = 0$,

$$h_1 < 19 \text{ m}$$

ou

$$H < 20 \text{ m},$$

limite qui, en pratique, ne présente plus aucun intérêt.

Toutefois, il est essentiel de ne pas perdre de vue que les seconds membres des inégalités [5] et [6] diminuent tous les deux lorsque, contrairement à ce que nous avons implicitement supposé jusqu'ici, la suspension comporte des balanciers transversaux. En ce cas, en effet, le nombre des termes compris sous le signe Σ se réduit à celui des essieux dont les ressorts ne sont pas conjugués transversalement.

Les balanciers transversaux ne sont pas, il est vrai, d'un emploi très fréquent, mais les châssis des bogies en tiennent lieu, lorsqu'ils sont à appui central sphérique, comme ceux des quatre locomotives de la Compagnie P.-L.-M. Cette disposition n'a pas seulement pour conséquence d'abaisser, toutes choses égales d'ailleurs, les limites fournies par les formules [5] et [6]. Elle a encore pour effet de soustraire les bogies en question, du moins en partie, au bénéfice de la surélévation du centre de gravité, attendu qu'ils ne peuvent contribuer à surcharger le rail extérieur dans la même mesure que les bogies à appuis plans ou à appuis sphériques latéraux. On pourrait regretter cette circonstance, étant donné qu'il s'agit d'essieux d'avant, si

les mêmes bogies n'échappaient en même temps, et pour la même cause, aux conséquences de l'oscillation de double amplitude qui, dans certaines conditions, peut se produire à la sortie des courbes et dont M. Marié a signalé les inconvénients.

Aspect extérieur des locomotives exposées.

Nous ajouterons, pour terminer ce qui est relatif au véhicule des locomotives exposées à Liège, que toutes ces locomotives se faisaient remarquer indistinctement par le fini de leur exécution, soignée sans exagération. Sur les locomotives de l'État belge, on a eu soin de dissimuler autant que possible les tringles de manœuvres et la tuyauterie, de manière à ne laisser apparaitre sur l'enveloppe des corps cylindriques de chaudière que les tringles garde-corps. Cette circonstance, jointe à la forme des abris et à la hauteur des chaudières, contribue à leur donner une physionomie rappelant celle des locomotives anglaises. Et ceci n'est point une critique : on sait que les Anglais ont toujours eu un souci tout particulier de l'esthétique de leurs locomotives.

DEUXIÈME PARTIE

PRODUCTION DE LA VAPEUR

La *puissance* d'une chaudière, c'est-à-dire la quantité de travail à la production de laquelle cette chaudière pourra suffire en un temps donné et dans des conditions déterminées d'utilisation de la vapeur par le mécanisme, dépend :

1° De la *quantité* de vapeur qu'elle sera capable de produire pendant la période de temps considéré ;

2° De la *qualité* de la vapeur produite.

La quantité est surtout fonction des dimensions de la chaudière : *surface de grille* et *surface de chauffe*, et du *tirage*.

La qualité dépend essentiellement de la pression sous laquelle la vapeur est normalement produite, c'est-à-dire du *timbre*, et de son degré de *siccité* ou de *surchauffe*.

Nous examinerons successivement, à ces divers points de vue, les chaudières des locomotives exposées à Liège. Toutefois, les surchauffeurs, distincts des générateurs proprement dits, ne seront décrits que dans le troisième chapitre, relatif à l'utilisation de la vapeur.

Influence de la surface de grille sur la puissance de vaporisation.

L'étendue de la grille a sur la puissance de vaporisation d'une chaudière de locomotive une influence tellement prépondérante qu'elle peut être considérée comme donnant de cette puissance une mesure assez approchée, bien moins incertaine que celle que, suivant un ancien mais critiquable usage, on déduirait de l'étendue de la surface de chauffe.

Une chaudière de locomotive étant un appareil qui absorbe du calorique pour produire de la vapeur, il est évident que, pour lui faire rendre deux fois plus de vapeur, il faut, toutes choses égales d'ailleurs, lui fournir deux fois plus de calorique ; que, pour produire deux fois plus de calorique, il faut, toutes choses égales d'ailleurs, brûler deux fois plus de combustible ; enfin que, pour brûler deux fois plus de combustible, il faut, toutes

choses restant toujours égales d'ailleurs, disposer d'une grille deux fois plus étendue. Il y a donc, entre la puissance de vaporisation de la chaudière et la surface de la grille, une relation de proportionnalité qui ne saurait, en principe, être contestée.

Sans doute il ne suffit pas de produire de la chaleur, il faut encore la recueillir au profit de la vaporisation, et c'est là le rôle de la surface de chauffe. S'il est exact, dans une certaine limite, que cette absorption est d'autant plus complète que la surface absorbante est plus étendue, il ne peut plus être question ici de proportionnalité. Tout le monde sait que les derniers éléments d'un faisceau tubulaire ne récoltent plus que peu de chaleur, non que leur pouvoir absorbant soit inférieur à celui des éléments les plus voisins de la grille, mais uniquement parce que ceux-ci, rencontrés les premiers par les gaz, les ont dépouillés de la majeure partie de leur calorique. Si donc une surface de chauffe d'une certaine étendue est indispensable pour recueillir un tant pour cent déterminé de la chaleur produite, il est visible que des accroissements successifs de cette surface ne procureront plus que des récoltes supplémentaires relativement faibles, rapidement décroissantes, bientôt négligeables. C'est ce qu'ont bien mis en lumière les expériences entreprises vers 1860 par M. Geoffroy, Ingénieur au Chemin de fer du Nord. Le corps cylindrique d'une chaudière ayant été divisé par des plaques tubulaires intermédiaires en quatre compartiments distincts de 0,92 m de longueur chacun, les volumes d'eau vaporisés *par mètre carré de surface de chauffe* du foyer et des compartiments successifs ont été, par heure, en moyenne, les suivants :

Foyer.	l	170,1
1er compartiment.		46,6
2e —		22,5
3e —		14,3
4e —		9,6

Le foyer seul vaporisait près de la moitié de l'eau totale consommée.

Les expériences de M. Geoffroy nous ont appris, d'autre part, qu'en bouchant la moitié des tubes à fumée d'une chaudière de locomotive, on ne réduisait sa production totale, à dépression égale dans la boîte à fumée, que dans une proportion beaucoup moindre, de 9 à 15 0/0, suivant l'importance de la dépression.

Tabl…

Renseignements rel…

NUMÉROS D'ORDRE	ADMINISTRATION PROPRIÉTAIRE	TYPE	TIMBRE	SURFACE de grille	SURFACE DE CHAUFFE EN CONTACT AVEC LES GAZ			
					du foyer	des tubes	totale	… par m… de g…
			kg	m²	m²	m²	m²	m²
2	Meuse	Voie de 0m 60	10	0,300	1,43	8,07	9,50	31,…
3	Decauville	Voie de 0m 60	12	0,290	1,18	5,10	6,28	21,…
4	Ch. de fer de l'Indo-Chine .	Voie de 1 mètre	12	1,432	8,60	143,00	151,60	105,…
5	Ch. de fer des Ardennes. .	Voie de 1 mètre	12,5	0,770	4,56	42,55	47,12	61,…
6	Decauville	Voie de 1 mètre	12	0,542	2,60	23,23	25,83	47,…
7	Cockerill.	IV	10	1,000	7,73	17,77	25,50	25,…
8	Bois du Luc	»	12	1,440	7,35	80,00	87,35	60,…
9	Gué à Menaucourt .	»	12	1,400	5 55	74,45	80,00	57,…
10	Chemins de fer vicinaux . .	»	10	1,170	4,75	48,80	53,55	45,…
11	État belge	18	13	2,070	12,17	115,45	127,62	61,…
12	—	18	13	2,070	12,21	89,90	102,11	49,…
13	—	Atlantic	15,5	3,080	16,17	223,23	239,40	77,…
14	—	L.T. 15	12	2,520	11,70	85,52	97,22	38,…
15	—	L.T. 15	12	2,520	11,72	69,15	80,87	32,…
16	Nord français . . .	Atlantic	16	2,760	13,75	204,28	220,03	79,…
17	État français . . .	»	15	2,000	11,10	147,00	158,10	79,…
18	État belge	4 cylindres égaux	14	3,010	16,88	138,87	155,75	51,…
19	—	19	15,5	3,010	16,91	157,62	174,53	57…
20	—	19 *bis*	15,5	3,010	18,35	157,62	175,97	58…
21	Nord belge.	»	15	2,380	11,77	165,52	177,29	74…
22	État belge	35	14	2,840	14,91	130,05	144,96	51…
23	—	35	14	2,840	14,91	130,05	144,96	[illegible]
24	—	32	13	2,520	11,01	104,40	115,41	45,…
25	—	32	13	2,520	11,03	85,10	96,13	38,…
26	P.-L.-M..	»	16	3,000	15,42	205,75	221,17	73…
27	Ouest français . . .	»	15	2,450	12,20	188,78	200,98	82…
28	P.-O.	»	16	3,100	16,17	223,23	239,40	77…
29	Est français	»	16	2,570	13,69	186,57	200,26	78…
30	État belge	L.T. 23	12	2,230	9,02	116,38	125,40	56,…
31	—	L.T. 23	12	2,230	9,02	116,38	125,40	56,…
32	Midi français . . .	»	15	2,808	15,77	239,49	255,26	99,…
33	Nord français . . .	»	16	3,000	11,99	232,56	244,55	81…

chaudières.

TUBES A FUMÉE			SECTION DE PASSAGE D'AIR		OBSERVATIONS
NOMBRE	DIAMÈTRES	LONGUEUR entre plaques tubulaires	TOTALE	par MÈTRE CARRÉ de grille	
	mm	m	m^2	m^2	
38	40/45	0,985	0,0723	0,2429	
48	36/40	0,850	0,0488	0,1684	
102	60/65	4,000	0,2570	0,1795	
103	43/48	2,740	0,1495	0,1942	
76	40/45	2,330	0.0955	0,1762	
100	55/62	0,900	»	»	
172	40/45	3,250	0,2161	0,1500	
160	40/45	3,280	0,2010	0,1436	
141	40/45	2,450	0,1772	0,1514	
263	40/45	3,348	0,3330	0,1608	
18 + 133	118/127 et 40/45	3,548	0,3312	0,1600	A vapeur surchauffée.
139	65/70	4,400	0,4211	0,1367	Compound.
218	40/45	3,200	0,2739	0,1087	
15 + 132	118/127 et 40/45	3,200	0,2816	0,1117	A vapeur surchauffée.
126	65/70	4,300	0,3817	0,1383	Compound.
111	60/65	3,582	0,2797	0,1398	d°
25 + 180	118/127 et 45/50	4,000	0,4792	0,1592	A vapeur surchauffée.
30 + 219	100/107 et 45/50	4,000	0,5115	0,1699	Compound à vap. surch.
30 + 219	100/107 et 45/50	4,000	0,5115	0,1699	d°
107	65/70	4,455	0,3242	0,1362	Compound.
21 + 168	118/127 et 45/50	4,130	0,4260	0,1500	A vapeur surchauffée.
21 + 168	118/127 et 45/50	4,130	0,4260	0,1500	d°
254	40/45	3,350	0,3192	0,1266	
18 + 154	118/127 et 40/45	3,350	0,3324	0,1319	A vapeur surchauffée.
138	65/70	4,000	0,4181	0,1393	Compound.
113 4	65/70 40/45	4,500	0,3474	0,1418	d°
139	65/70	4,400	0,4211	0,1358	d°
122 8	64,4/70 44/48,75	4,200	0,3817	0,1483	d°
264	40/45	3,500	0.3317	0,1487	
264	40/45	3,500	0,3317	0,1487	
148	65/70	4,300	0,4484	0,1596	Compound.
130	65/70	4,750	0,3938	0,1312	d°

Or, le développement de la surface de chauffe de la chaudière soumise aux essais n'avait rien d'excessif : il ne dépassait pas 75 fois celui de la grille. Quant au poids d'eau vaporisé par kilogramme de combustible, il avait plutôt légèrement augmenté. Les expériences, aujourd'hui classiques, de M. Henry, Ingénieur en chef aux Chemins de fer de Paris à Lyon et à la Méditerranée, ont confirmé ces résultats. Elles ont montré, en outre, que pour un même vide dans la boîte à fumée, la puissance d'une chaudière dont on fait varier la longueur des tubes présente un maximum correspondant à une longueur assez faible de ces tubes. Pour la chaudière essayée et quelle que fût l'importance du vide, cette longueur était voisine de 4 m quand on opérait sur des tubes lisses, et de 3 m quand on opérait sur des tubes à ailettes. De là cette proposition en apparence paradoxale, que de deux chaudières pourvues l'une de tubes de 4 m, l'autre de tubes de 5 m, mais semblables quant aux autres dimensions et travaillant sous le même vide, la plus puissante est celle qui a la moindre surface de chauffe. Ainsi non seulement il n'existe entre la puissance de vaporisation et la surface de chauffe d'une chaudière aucune relation de proportionnalité, mais il peut encore arriver que les variations de ces deux éléments soient de signes contraires.

Nous n'oublions pas que ces conclusions supposent constante la dépression qui règne dans la boîte à fumée, et qu'à une même valeur de cette dépression ne correspond ni une même dépense de vapeur par la tuyère d'échappement, ni une même quantité d'air appelée par la grille. Les expériences que nous venons de rappeler font néanmoins bien ressortir l'importance de l'erreur que l'on commettrait, si des chiffres de notre tableau IX, relatif aux dimensions et éléments principaux des chaudières, on s'avisait de conclure, par exemple, que la chaudière n° 27 (Compagnie de l'Ouest) est capable de produire deux fois plus de vapeur que la chaudière n° 14 (État belge, type 15), parce que sa surface de chauffe est deux fois plus étendue. On commettra une erreur beaucoup moindre en disant que ces deux chaudières, ayant à peu près la même surface de grille, ont à peu près la même puissance de vaporisation. Si la première est plus économique, si, grâce à sa plus grande surface de chauffe, elle absorbe une fraction plus importante de la chaleur produite, par contre, la deuxième oppose au passage des gaz une moindre résistance, de sorte qu'une même quantité de vapeur lancée dans le même temps par la tuyère d'échappement, y produit

un appel d'air plus énergique, permettant d'entretenir sur la grille une combustion plus active. L'une produira plus de vapeur par kilogramme de combustible. L'autre vaporisera davantage par mètre carré de surface de chauffe ; mais, par mètre carré de grille, la production horaire sera, en réalité, peu différente.

Ce sont ces considérations qui nous ont conduit à prendre comme caractéristique de la puissance d'une chaudière de locomotive, non plus la surface de chauffe qui trop souvent nous induirait en erreur, mais bien la surface de grille, dont les indications sont beaucoup plus certaines, sous la seule réserve que les chaudières mises en parallèle ne comporteront pas des dispositions trop divergentes, de nature à modifier les conditions normales du tirage, ou appropriées à l'emploi de combustibles spéciaux. Déjà dans notre tableau VI, nous avons rapporté à la surface de grille l'effort théorique de traction des locomotives, leur poids total et leur poids adhérent. C'est encore à la surface de grille que nous rapporterons la surface de chauffe, le volume des cylindres et, quand il y aura lieu, la surface de surchauffe.

Grilles françaises et grilles belges.

Cela posé, nous considérerons séparément, au point de vue du développement des grilles, les locomotives françaises et les locomotives belges dont l'évolution, à ce point de vue, présente d'assez notables différences.

En France, où le foyer des locomotives a presque toujours été compris entre deux longerons, généralement intérieurs aux roues, la largeur de la grille a peu différé jusqu'ici de 1 m. Sa longueur et sa surface s'exprimaient, par suite, par des nombres très peu différents, qui depuis l'origine ont été constamment en croissant. Déjà en 1878, les Compagnies de Lyon, du Nord et de l'Est exposaient des locomotives à grande vitesse dont les grilles avaient respectivement 2,15 m², 2,31 m² et 2,38 m² de superficie. Ce dernier chiffre, justifié plutôt par la nature des combustibles employés que par l'importance du travail imposé à la machine, n'a pas été dépassé à l'Exposition de 1889 où cependant le nombre de machines pourvues de grilles de plus de 2 m² était beaucoup plus important. Onze ans plus tard, à l'Exposition de 1900, le record de la surface de grille était détenu, parmi les

locomotives françaises ou destinées à circuler sur des lignes françaises, par l'Atlantic des Chemins de fer de l'État. Cette machine présentait une grille de 3,237 m², chiffre qui n'était dépassé sous le hall de Vincennes que par une seule locomotive, une autrichienne, destinée à consommer des lignites d'un faible pouvoir calorifique.

A Liège, la plus grande grille (voir tableau IX) était celle de la locomotive 4023, de la Compagnie P.-O. Elle ne mesurait que 3,10 m². Par contre, tandis que la superficie moyenne des grilles des locomotives françaises à voie large et à tender séparé exposées à Vincennes n'était que de 2,42 m², cette moyenne s'élevait à Liège, pour les huit locomotives françaises de grande ligne, à 2,71 m². C'est à très peu près le double de la surface que présentait, il y a quarante ans, la grille des Crampton.

Ces chiffres, qui caractérisent la locomotive d'aujourd'hui, n'ont évidemment rien de définitif et nous verrons croître encore les surfaces de nos grilles. Il est même à présumer qu'elles subiront prochainement un accroissement particulièrement rapide. L'accouplement d'un troisième essieu, qui paraît devoir s'imposer dans l'avenir aux machines à grande vitesse, permettra, en effet, d'augmenter d'un coup de 50 0/0 leur poids adhérent, qui passera ainsi brusquement de 34 à 50 t ou même davantage. Pour utiliser ce poids adhérent dans les conditions où est utilisé aujourd'hui celui des locomotives à deux essieux accouplés, on sera naturellement conduit à augmenter proportionnellement la puissance des chaudières. Aussi est-il probable que d'ici peu les grilles de 4,50 m² à 5 m² ne seront pas rares.

Mais, ne pouvant plus s'étendre en longueur en raison des difficultés croissantes qui en résulteraient pour la conduite du feu, ces grilles devront s'étendre en largeur et déborder les longerons. La surélévation qui en résultera pour la chaudière n'est plus aujourd'hui une objection, et, pour éviter les roues accouplées, il suffira de généraliser l'emploi de l'essieu porteur d'arrière qui caractérise les *Atlantic*. C'est ce qu'ont fait déjà les Américains qui ont ainsi transformé successivement leurs ***Mogul*** en ***Prairie***, leurs *Ten-Wheel* en ***Pacific***, leurs ***Consolidation*** en ***Mikado***, voire leurs ***Decapod*** en ***Santa-Fé***. C'est ce qu'ont fait aussi l'État prussien qui, suivant l'exemple donné antérieurement par les Chemins de fer du Palatinat, a pourvu d'un foyer débordant son dernier type d'*Atlantic*, et l'État autrichien qui

vient de créer un type de *Prairie* à grille débordante de 4 m². Si nous sommes bien renseigné, plusieurs Compagnies françaises dirigent actuellement leurs études dans le même sens, de sorte que le temps n'est sans doute pas éloigné où nous verrons circuler des *Pacific* en tête de nos express.

Ce que nous venons de dire des chaudières françaises s'applique intégralement, quant au présent et à l'avenir, aux chaudières belges. Mais quand nos voisins seront conduits à employer des machines plus puissantes à foyer débordant, ils ne feront que rééditer un mode de construction qu'ils avaient appliqué, il y a plus de quarante ans, à des chaudières destinées à brûler, en couche très mince et sous un faible tirage, des combustibles très menus. Revenus, avec les locomotives des types 17, 18 et 32 empruntés à l'Angleterre, aux foyers profonds ou mi-profonds de dimensions moyennes, ils ont passé successivement, des grilles de 2,07 m² (type 18) et 2,52 m² (type 32), aux grilles de 2,84 m² (type 35), 3,01 m² (types à quatre cylindres et à surchauffe) et 3,08 m² (Atlantic).

Surfaces de chauffe.

Tandis que du côté français les surfaces de chauffe des locomotives de grande ligne sont toujours supérieures à 73 fois la surface de grille, celles des locomotives de l'État belge ne dépassent généralement pas 58 fois cette surface. Le rapport considéré tombe même à 32 pour la locomotive type 15 à surchauffeur, et, si exceptionnellement il atteint 77,7 dans la machine *Atlantic*, c'est que la chaudière de cette machine, la seule des chaudières de l'État belge qui ait reçu des tubes à ailettes, a été calquée sur celle de la locomotive 4023 de la Compagnie d'Orléans.

Le développement relativement faible de la surface de chauffe des chaudières belges résulte, pour certaines machines, de l'emploi de tubes de gros diamètre destinés à loger le surchauffeur, et pour les autres de l'emploi de tubes lisses de faible longueur (3,20 m à 3,55 m). Les chaudières belges sont donc moins économiques que les chaudières françaises sans être pour cela moins puissantes.

Si des locomotives de grandes lignes nous passons aux locomotives d'usine et à voie étroite, nous constatons des rapports de surface de chauffe à surface de grille encore plus divergents. Les

chiffres extrêmes appartiennent à deux locomotives françaises : 105,86 pour la locomotive de l'Indo-Chine, 20,65 pour la locomotive à deux essieux accouplés de la maison Decauville.

Tirage. — Échappement annulaire de la Compagnie du Nord.

Définitivement abandonné, semble-t-il, en Belgique, l'échappement variable continue à être, en France, d'un usage général. Toutefois, quelques Compagnies ont récemment substitué à l'ancien système à valves, un appareil nouveau étudié à la Compagnie du Nord par M. Koechlin et appliqué aux deux locomotives 2659 et 6121 (n°s 16 et 33 de nos tableaux). Cet appareil, dont un spécimen était exposé à part, se compose en principe de deux ajutages coniques pouvant s'emboîter l'un dans l'autre. L'un d'eux est fixe et forme l'extrémité de la colonne d'échappement ; l'autre peut être déplacé verticalement suivant l'axe commun et arrêté dans une positition quelconque grâce à un mécanisme spécial de manœuvre. Lorsqu'il est complètement relevé, il constitue en quelque sorte le prolongement de l'ajutage fixe et n'offre au passage de la vapeur qu'un orifice relativement étroit ; quand au contraire il est abaissé, la vapeur peut s'échapper, en outre, par l'espace annulaire compris entre les deux ajutages, espace dont la largeur varie avec la position donnée à l'ajutage mobile.

La mise au point de cet échappement a donné lieu à une série d'essais fort intéressants, au cours desquels on a successivement réduit le diamètre de la cheminée et modifié le profil intérieur de l'ajutage mobile, ainsi que la forme des ailettes qui rattachent cet ajutage à sa tige-guide. Le profil auquel on s'est arrêté comporte, à sa partie inférieure, un cône convergent, surmonté d'un cône divergent destiné à bien épanouir le jet de vapeur central. En outre, les ailettes d'abord planes ont finalement reçu une forme hélicoïdale. Il en résulte pour la colonne de vapeur d'échappement un mouvement giratoire qui, multipliant les points de contact entre la vapeur et les gaz chauds, facilite l'entraînement de ces derniers et leur communique une plus grande force vive. Les dispositions adoptées donnent ainsi le moyen de remédier aux inconvénients inhérents aux courtes cheminées modernes.

Au cours des essais comparatifs qui ont été faits des divers systèmes d'échappement, on a enregistré avec soin les valeurs

correspondantes de la dépression obtenue dans la boîte à fumée et de la contre-pression exercée sur le piston de basse pression

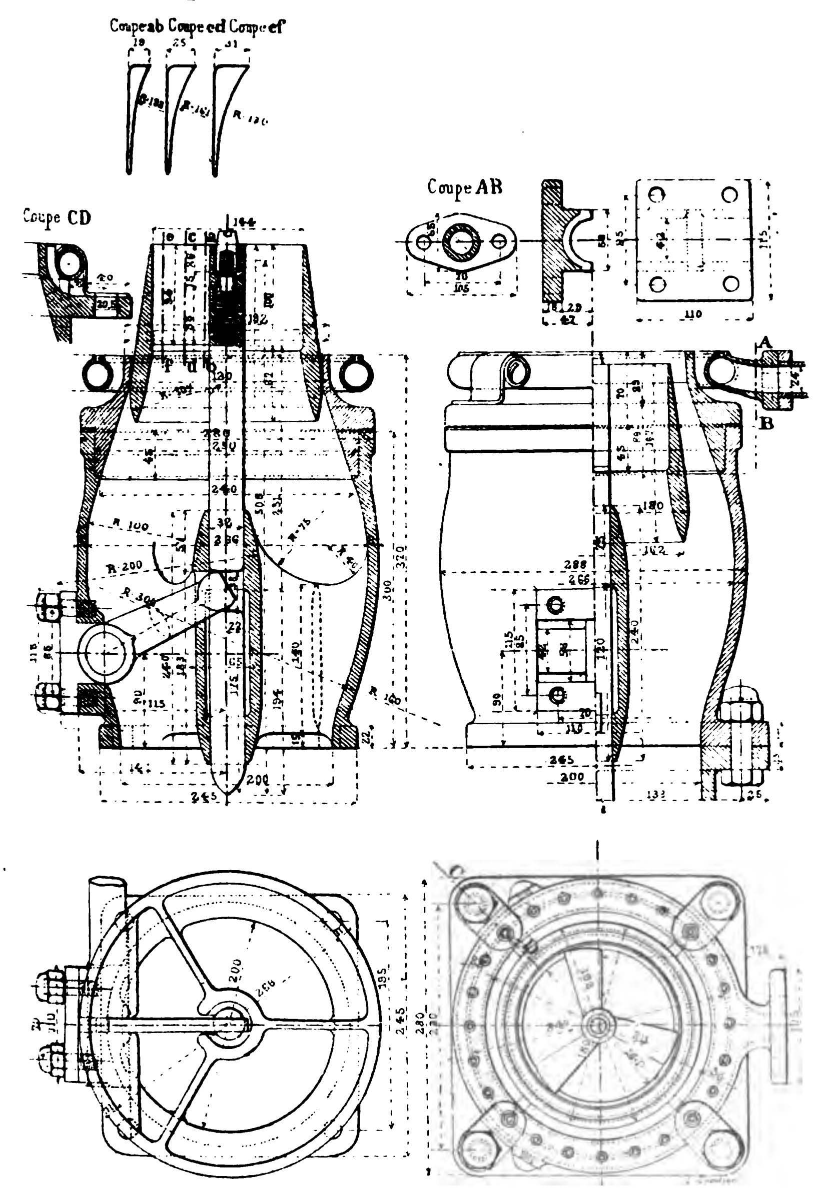


Fig. 57 à 67. — Échappement annulaire de la locomotive n° 2659 de la Compagnie du Nord.

par la vapeur d'échappement. La première était mesurée à l'aide d'un indicateur de vide dont le tuyau de prise muni d'une cré-

pine en toile métallique venait déboucher en un point situé dans le plan méridien de la boîte à fumée, à environ 10 cm en avant de la colonne d'échappement et à une faible distance au-dessous de la grille à flammèches. La seconde était indiquée par un manomètre gradué de 0 à 1 kg et dont le tuyau de prise était fixé à la colonne d'échappement à environ 10 cm au-dessous de la tuyère. On a ensuite comparé ces valeurs entre elles et on a appelé *coefficient d'efficacité* le quotient de la dépression réalisée dans chaque cas par la contre-pression qui a été nécessaire pour l'obtenir.

La supériorité de l'échappement conique sur l'échappement à valves s'est manifestée par un accroissement général des coefficients d'efficacité, assez important pour qu'on ait pu relever de 35 t, poids d'une voiture à bogies, la charge maxima des trains rapides de la Compagnie du Nord.

Un échappement semblable avait été appliqué à la locomotive 2604 exposée par la Compagnie de Lyon.

Nous ajouterons que les boîtes à fumée de grande capacité dont l'action régulatrice sur le tirage ne paraît pas discutable, et dont l'emploi est général en France, semblent moins appréciées en Belgique.

Timbre. — Son évolution.

Les locomotives de grandes lignes qui figuraient à l'Exposition de 1878 étaient timbrées à 9 et 10 kg par centimètre carré.

Dix ans plus tard, un progrès notable était accompli par la Compagnie P.-L.-M. qui portait brusquement à 15 kg le timbre de ses premières compound dont plusieurs ont figuré à l'Exposition de 1889.

En 1900, la Compagnie du Nord battait d'un kilogramme le record de l'Exposition précédente en portant à 16 kg le timbre de l'Atlantic qu'elle exposait à Vincennes. Le chiffre de 16 kg n'a été dépassé depuis sur aucune locomotive de grande ligne

Si on traçait d'après ces indications, complétées par celles qu'on pourrait recueillir sur les locomotives des différentes époques, la courbe représentative des variations du timbre, on constaterait que, de 1840 à 1885, cette courbe est sensiblement rectiligne, l'accroissement des pressions ayant été assez uniforme pendant cette période. De 1885 à 1895, la courbe s'élève brusquement, marquant ainsi l'entrée en scène des locomotives com-

pound. Enfin, de 1895 à 1905, la courbe s'infléchit vers l'horizontale et se rapproche d'un palier.

De ce que le timbre de 16 kg n'était dépassé à Liège sur aucune machine, il ne faudrait cependant pas conclure que l'Exposition de Liège n'a marqué à ce point de vue aucun progrès. En fait, le timbre moyen des locomotives à voie large et à tender séparé qui figuraient à l'Exposition de 1900 ne dépassait pas 13,40 kg, tandis que le timbre moyen des vingt-trois locomotives de grandes lignes exposées à Liège atteignait 14,28 kg. Il n'en est pas moins vrai que, si les constructeurs n'ont pas hésité à suivre l'exemple du P.-L.-M. et du Nord, ils s'abstiennent de soumettre leurs chaudières à des pressions encore plus élevées.

Cette abstention s'explique. « Si on voulait aller au delà — disaient déjà, en 1892, MM. Parent et Carcanagues, rapporteurs de la question XI au Congrès de Saint-Pétersbourg, — on se » heurterait à de grandes difficultés d'ordre pratique, outre qu'on » n'aurait plus à compter que sur une amélioration de plus en » plus faible du rendement, ainsi qu'on peut s'en convaincre » facilement en considérant le cas théorique du cycle de Carnot » et la loi suivant laquelle croît son rendement quand on aug» mente la température du générateur de chaleur. »

Si faible qu'elle soit, l'amélioration du rendement serait cependant la bienvenue, si n'étaient les difficultés d'ordre pratique, difficultés qui résultent de la fatigue croissante imposée aux chaudières et des dépenses, croissantes aussi, que nécessite leur entretien.

Tant que les pressions ne dépassaient pas 7, 8 ou même 9 kg par centimètre carré, une plaque tubulaire de foyer pouvait durer vingt-cinq ans, souvent davantage. Aujourd'hui, les ruptures entre les trous des tubes et les criques dans les arrondis occasionnés par les dilatations et les contractions alternatives du faisceau tubulaire se manifestent et se propagent avec une rapidité telle que le remplacement des plaques tubulaires s'impose parfois après un parcours de 200.000 km, parcours que les locomotives à grande vitesse ne mettent pas plus de trois ans à effectuer. Les plaques qui constituent les parois latérales du foyer fatiguent surtout sous la voûte en briques réfractaires dont l'usage s'est généralisé dans les quinze dernières années : elles succombent après des parcours qui souvent ne dépassent pas 400.000 ou 500.000 km. Enfin, les entretoises — ces barrettes filetées qui consolident l'une par l'autre les parois intérieures et

extérieures des boites à feu — se trouvent placées, du fait de l'augmentation des pressions, dans des conditions particulièrement défavorables. Aux efforts de traction auxquels elles doivent résister, s'ajoutent, en effet, des efforts de flexion dus à l'inégale dilatation des parois, et alors que ces efforts grandissent avec la température, en même temps qu'avec les dimensions des grilles, leur résistance spécifique va plutôt en diminuant. On a bien cherché à prolonger leur durée, soit en employant à leur construction des alliages spéciaux, soit en leur donnant des formes plus rationnelles, soit simplement en élargissant les lames d'eau ; mais il faut bien reconnaître que les résultats obtenus sont encore bien insuffisants. Il est donc vraisemblable que les constructeurs ne se résoudront à augmenter encore le timbre de la chaudière locomotive qu'à la faveur de quelque perfectionnement notable, perfectionnement qui pourrait bien consister en un changement radical du système.

Quoi qu'il en soit, en portant progressivement de 7 1/2 à 15 kg le timbre des chaudières des locomotives, on a augmenté de 50 0/0 en nombre rond la quantité de travail produite par kilogramme de vapeur.

De même qu'on a pu tripler le poids adhérent des anciennes Crampton en doublant seulement le nombre des essieux rendus moteurs et en augmentant de 50 0/0 la charge de chacun d'eux, de même on a pu tripler la puissance des chaudières en doublant seulement les surfaces de grille et en augmentant de 50 0/0 le rendement du kilogramme de vapeur, c'est-à-dire, à peu de chose près, du kilogramme de combustible.

Appareils de prise de vapeur.

Nous n'avons rien de nouveau à signaler quant aux dispositions prises pour assurer la siccité de la vapeur. Le dôme est toujours d'une application générale et les Administrations qui avaient jugé intéressant d'en employer deux paraissent avoir renoncé à cette complication. Toutefois, la saillie de cet appendice s'est naturellement ressentie du surhaussement des chaudières et du plus grand diamètre donné aux corps cylindriques. De crainte qu'en perdant de sa hauteur il ne perde en même temps de son efficacité, certains constructeurs le ferment à sa base par un diaphragme percé de trous d'évacuation et l'alimentent au moyen de tuyaux Crampton qui traversent le dia-

phragme pour se recourber ensuite vers le bas en forme de col de cygne. Appliquée depuis bien des années par la Compagnie P.-L.-M. et reproduite par elle sur sa machine à six roues

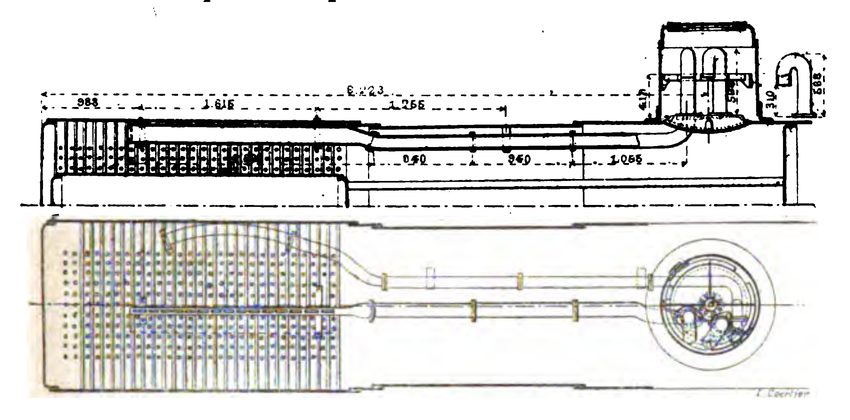


Fig. 68 et 69. — Appareils de prise de vapeur de la locomotive n° 2604 de la Compagnie P.-L.-M.

accouplées, cette disposition se retrouve sur la machine à quatre cylindres égaux de l'État belge. Sur la machine de la Compagnie de l'Est, les tuyaux Crampton ont été supprimés et le dia-

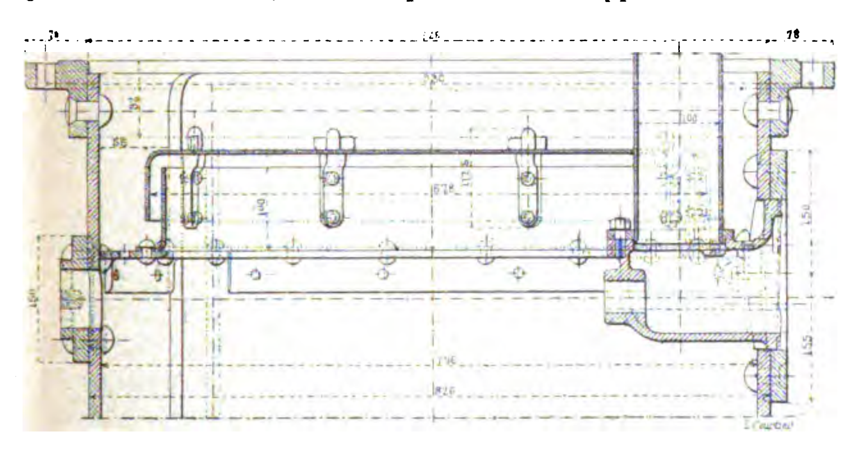


Fig. 70. — Chicane placée dans le dôme de prise de vapeur de la locomotive à trois essieux accouplés de la Compagnie de l'Est.

phragme transformé en chicane conformément à une disposition fort répandue sur le réseau de l'État prussien.

La grande hauteur des chaudières et les grandes dimensions les foyers des locomotives des grandes lignes devaient nécessairement conduire à l'abandon progressif de l'ancien régulateur

Crampton, qui ne se retrouve plus que sur la locomotive de la Compagnie de l'Est. Partout ailleurs le régulateur est placé dans le dôme et actionné par un arbre à manivelle et une bielle intérieure à la chaudière. Son organe essentiel, le tiroir, est remplacé sur certaines chaudières et notamment sur toutes celles de

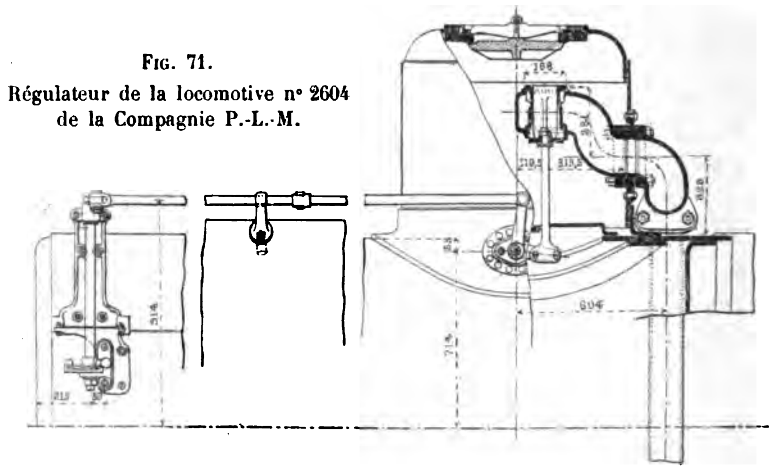


Fig. 71.
Régulateur de la locomotive n° 2604 de la Compagnie P.-L.-M.

'État belge et sur celle de la Compagnie P.-L.-M., par une soupape équilibrée. Depuis longtemps en usage en Amérique et en Allemagne, ce type de régulateur semble destiné à se répandre.

Mode de construction des chaudières.

Entre le mode de construction des chaudières belges et celui des chaudières françaises, il existe des différences qu'il nous paraît intéressant de signaler.

La plupart des chaudières françaises — notamment toutes celles des locomotives à voie large — sont pourvues d'un foyer Belpaire et de tubes à ailettes. On sait qu'on est convenu d'appeler foyer Belpaire (1) un foyer dans lequel le ciel du foyer proprement dit

(1) A tort, d'ailleurs, et probablement parce que le mode d'armature du ciel que nous décrivons dans le texte a été la conséquence de l'emploi de grilles de grandes dimensions, plus ou moins analogues à celles usitées en Belgique. Or, dès 1861, M. Petiet, alors Ingénieur en chef du matériel et de la traction du chemin de fer du Nord, faisait construire par MM. Gouin et Cie, à Paris, des locomotives pour fortes rampes, à huit roues accouplées, et des locomotives à quatre cylindres, pourvues de boîtes à feu dont le ciel plan était relié au ciel du foyer par des tirants verticaux. Une de ces machines figura à l'Exposition de Londres en 1862. A cette même époque, les locomotives auxquelles M. Belpaire appliquait sa grande grille pour poussiers avaient des boîtes à feu à berceau cylindrique et des ciels de foyer plats armaturés au moyen de fermes transversales. (Rapport du Jury de la classe 32 de l'Exposition de 1900, par M. L. Salomon).

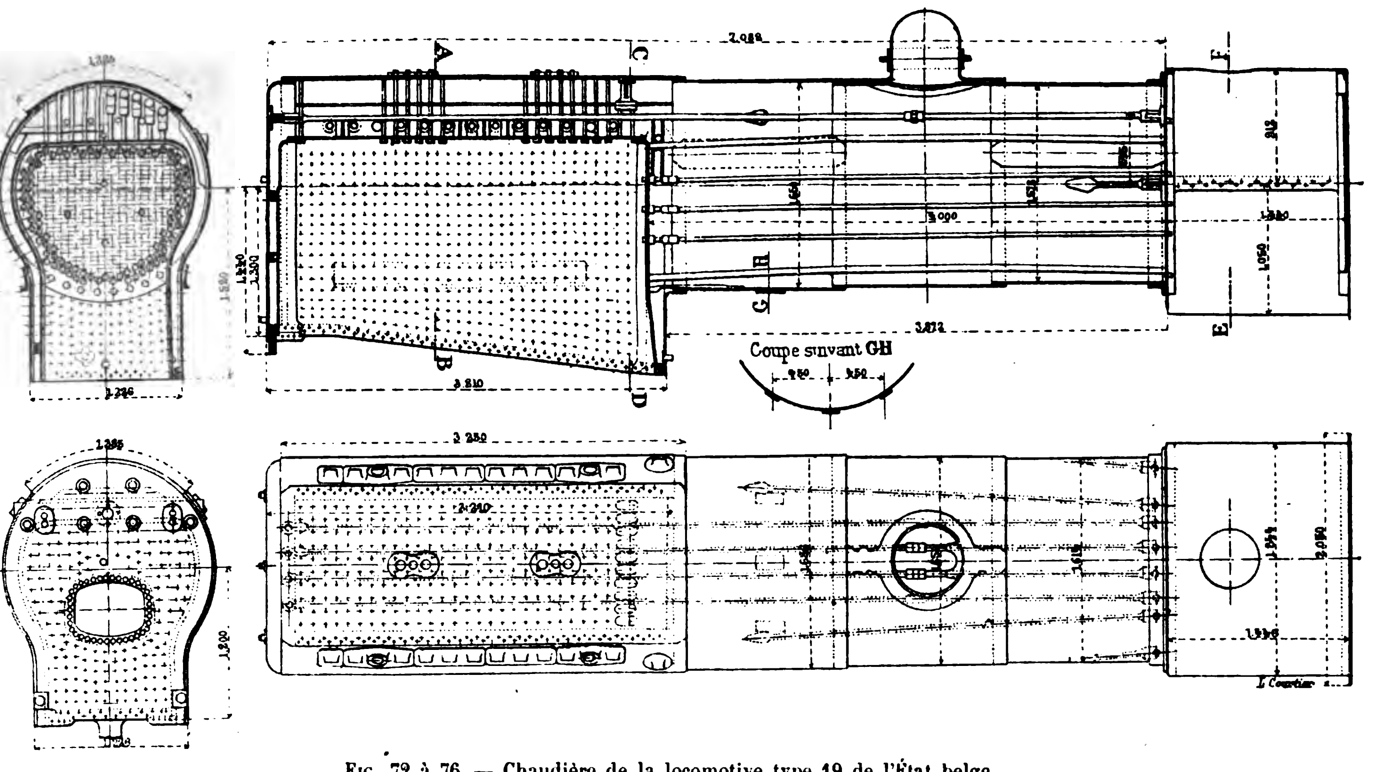


Fig. 72 à 76. — Chaudière de la locomotive type 19 de l'État belge.

et celui de la boîte à feu, plans tous les deux, sont armaturés au moyen de tirants verticaux vissés dans l'une et l'autre tôle qu'ils sont destinés à entretoiser. De cette disposition résulte, pour la plaque avant de la boîte à feu, une forme assez tourmentée qui en rend la construction ouvrageuse et qui la prédispose aux fissures.

Désireux d'éviter ces inconvénients, les ingénieurs belges ont pensé qu'il n'est pas impossible de concilier l'emploi des tirants avec celui des boîtes à feu du type Crampton à berceau arrondi. Naturellement, les tirants extrêmes latéraux rencontrent le berceau sous un angle plus ou moins aigu qui a pour effet de limiter le nombre des filets entièrement en prise. On a dû, par suite, renforcer notablement la tôle du berceau : celle des locomotives des types 19, 19 *bis* et 35 n'a pas moins de 30 mm d'épaisseur.

Indépendamment des tirants verticaux, le foyer des chaudières belges comporte encore une série de tirants transversaux reliant entre elles, au moyen d'appliques en acier moulé rapportées extérieurement de part et d'autre, les faces latérales arrondies de la boîte à feu. Ces tirants sont placés à une faible hauteur au-dessus du ciel du foyer proprement dit, sauf le tirant extrême antérieur qui, situé en avant de la plaque tubulaire, est à un niveau légèrement inférieur. Enfin, des tirants longitudinaux relient le haut de la plaque tubulaire de boîte à fumée soit au haut de la plaque arrière de la boîte à feu, soit aux parois du corps cylindrique.

L'ensemble de ces dispositions caractérise le foyer en usage en Allemagne, plus particulièrement sur le réseau de l'État prussien, auquel les Ingénieurs belges paraissent l'avoir emprunté.

Ainsi que nous l'avons déjà signalé, l'Atlantic belge, la seule des locomotives de l'État belge qui ait reçu un foyer Belpaire, est aussi la seule qui soit pourvue de tubes à ailettes. On reproche volontiers à ceux-ci, à l'étranger surtout, leur plus grande rigidité et la poussée destructrice que par l'effet de leur dilatation ils exercent sur les plaques tubulaires. Que le moment d'inertie de leur section soit sensiblement supérieur à celui des tubes lisses, cela est évident, mais les dispositions prises par les Ingénieurs belges semblent indiquer que la flexibilité relative souvent attribuée aux tubes lisses, tels qu'on les emploie en général, est encore jugée fort insuffisante par nos voisins.

Ils ont, en effet, la précaution d'entretoiser les plaques tubulaires par des tirants longitudinaux pleins, ne donnant lieu à aucune dilatation différentielle et de cintrer légèrement les tubes avant leur mise en place. C'est ainsi que les tubes de la locomotive type 19, dont la convexité est tournée vers le haut, présentent une flèche de 38 mm pour une longueur entre plaques tubulaires de 4 m.

Cette disposition, également appliquée en Angleterre, est évidemment de nature à retarder l'apparition des cassures aux emboutis des plaques tubulaires et entre les trous des tubes à fumée des rangées extrêmes. Aussi bien les plaques tubulaires des locomotives belges sont-elles moins épaisses que les nôtres. Sur les dessins de la chaudière de la locomotive type 35, nous relevons des épaisseurs de 27 mm à l'arrière, et de 22 seulement à l'avant.

Chaudière Brotan.

Aux causes de détérioration des générateurs déjà indiquées, d'autant plus actives que le timbre est plus élevé, s'en ajoutent souvent d'autres dont les effets sont plus rapides encore : la mauvaise qualité du combustible ou des eaux d'alimentation. Sur les lignes Carnioliennes et Istriennes de l'État autrichien, les locomotives consomment des lignites très sulfureux, attaquant rapidement les tôles et ne vaporisant d'ailleurs que 3,8 l à 4,8 l d'eau par kilogramme. Au dépôt de Laybach, où l'on emploie des lignites de *Gottschee* (Carniole), on a dû remplacer des foyers au bout de deux ans, parce que l'épaisseur des tôles primitivement de 18 mm était réduite à 5 mm dans le voisinage de la grille et parce qu'un grand nombre d'entretoises entièrement rongées jouaient dans leur trou. Dans le district de Trieste, où l'on fait usage de lignites de *Siverice* (Dalmatie), l'usure des parois a été de 1 mm et même de 1 1/2 mm par mois. On a d'ailleurs constaté que dans ces conditions, les tôles d'acier ou de fer ne se comportent pas mieux que les tôles de cuivre.

M. Brotan, Ingénieur principal de l'État autrichien, actuellement Directeur des Ateliers de Gmünd, a réussi à éviter ces graves inconvénients par l'emploi d'un type de chaudière dont un exemplaire destiné à une locomotive autrichienne à grande vitesse de la série 4 figurait dans la galerie du Matériel de chemins de fer. Cette chaudière était exposée, en même temps

qu'un modèle de foyer, par la Société des tubes Mannesmann, de Düsseldorf, à laquelle M. Brotan a cédé ses brevets.

Désirant supprimer, d'une part, l'emploi des tôles de cuivre, d'autre part, celui des entretoises, M. Brotan établit sa chaudière de la manière suivante :

Au lieu d'être plein, comme d'habitude, le cadre du foyer est formé d'un tube en acier moulé, d'environ 15 cm de largeur intérieure : il constitue ainsi un collecteur d'alimentation relié par un ou deux gros tuyaux de cuivre à la partie inférieure du corps cylindrique qui est conservé. De ce cadre émergent verticalement, à droite et à gauche, des tubes d'acier sans soudure de 100 mm environ de diamètre extérieur et de 5 mm d'épaisseur, entièrement jointifs et qui forment les parois latérales du foyer. Infléchis dans le haut, de manière à en former également le berceau, ils aboutissent à un collecteur supérieur de forme cylindrique qui se prolonge vers l'avant au-dessus et parallèlement au corps cylindrique principal. Ces deux corps cylindriques sont reliés, comme dans la chaudière Flaman, par des cuissards.

La paroi arrière du foyer n'est formée que partiellement par des tubes : toute la région située au-dessous de la porte du foyer et une partie de celle qui se trouve au-dessus de cette porte sont constituées par des briques réfractaires. Il en est de même de la paroi antérieure du foyer dans la région comprise entre le corps cylindrique et le cadre.

Le corps cylindrique principal, fermé à ses deux extrémités par deux plaques tubulaires circulaires, est entièrement garni de tubes à fumée et le niveau de l'eau passe normalement par l'axe du collecteur supérieur. On conçoit qu'il s'établisse ainsi sous l'action de la chaleur une circulation active de l'eau du corps cylindrique vers le cadre, du cadre vers le collecteur supérieur et de celui-ci vers le corps cylindrique par les cuissards, notamment par le cuissard d'arrière qu'on a le soin de placer le plus près possible de la plaque tubulaire arrière en vue de la rafraîchir par un courant d'eau continu.

Le cadre du foyer peut être fait en plusieurs tronçons boulonnés entre eux. Des regards placés aux angles et obturés par des plateaux permettent d'en visiter et d'en nettoyer aisément l'intérieur. Il est pourvu d'appendices, venus de fonte avec lui ou rapportés, qui servent, les uns de supports de sommier de grille, les autres de supports arrière de chaudière.

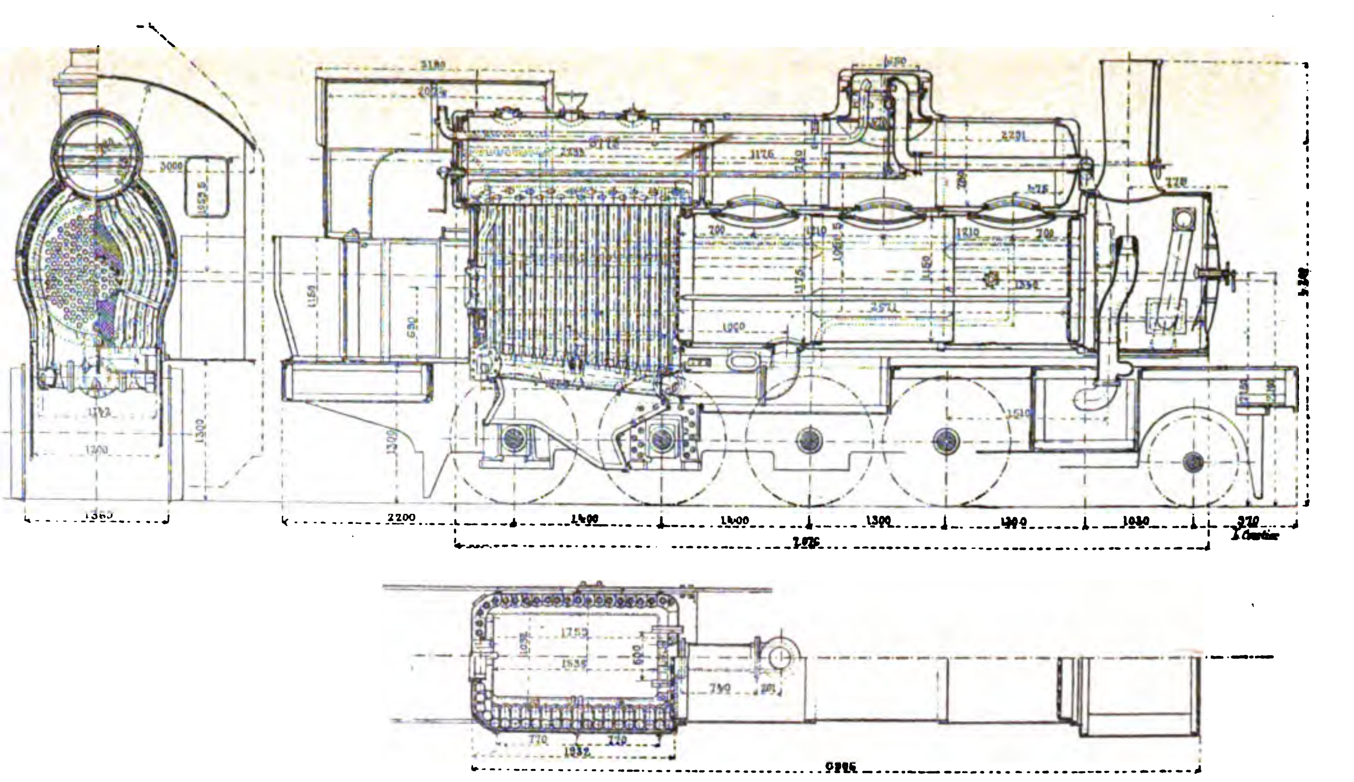


Fig. 77 à 79. — Chaudière Brotan à deux corps (locomotive à quatre essieux accouplés de la Thunerseebahn).

Les tubes à eau qui constituent les parois et le berceau du foyer sont fortement rétreints et mandrinés à leurs deux extrémités. A cet effet, le cadre est percé, à sa partie inférieure, de trous disposés en face des trous des tubes et obturés normalement par des platines en tôle. Ces mêmes trous sont utilisés concurremment avec des regards pratiqués dans le collecteur supérieur pour le nettoyage et le détartrage des tubes. Le mandrinage des joints supérieurs se fait de l'intérieur du collecteur dans lequel un homme peut facilement pénétrer et se mouvoir.

Tout le faisceau tubulaire du foyer est enfermé dans une enveloppe en tôle de 10 à 15 mm d'épaisseur et constitué :

1° Par une tôle d'avant boulonnée sur la collerette du corps cylindrique et présentant la forme générale des tôles d'avant des boites à feu ordinaires;

2° Par une tôle d'arrière emboutie sur tout son pourtour et formant devanture;

3° Enfin, par deux tôles latérales boulonnées aux précédentes et au collecteur supérieur.

Toutes ces tôles sont, en outre, fixées par leur partie inférieure sur les faces extérieures du cadre. Il en résulte que le foyer et le corps cylindrique sont entièrement solidarisés par l'intermédiaire du collecteur supérieur et des tôles d'enveloppe lesquelles servent, en outre, d'appui aux parties établies en matériaux réfractaires et de bouclier protecteur en cas d'avarie à un tube d'eau.

Pour assurer l'étanchéité des parois du foyer, M. Brotan interposait entre les tubes successifs, de minces languettes de cuivre qu'il écrasait à l'aide d'un matoir. Cette précaution a été jugée inutile dans les derniers modèles établis par la Société Mannesmann, dans lesquels les tubes sont protégés contre le refroidissement extérieur par des matelas d'amiante régnant sur toute la hauteur du foyer. Pour faciliter la pose et l'entretien de ces matelas, les tôles d'enveloppe latérales ont été formées de plusieurs parties rectangulaires assemblées au moyen de cornières rivées aux tôles et reliées les unes aux autres par des boulons. Quant aux vides compris entre les extrémités rétrécies des tubes, dans le voisinage immédiat du cadre, et dont M. Brotan ne s'était pas préoccupé en raison de leur situation au-dessous du plan de la grille, la Société Mannesmann les a obturés au moyen de bagues en fer qui enveloppent la partie rétreinte des tubes

etles protègent contre l'action corrosive des cendres, en même temps qu'elles leur restituent, en cet endroit, leur diamètre extérieur normal.

A égalité de surface de grille et de surface de chauffe, la chaudière Brotan n'est pas plus lourde que la chaudière ordinaire et coûte 1.500 à 2.000 francs de moins. Elle possède une surface de chauffe directe particulièrement efficace qui favorise son rendement. Très accessible dans ses différentes parties, son foyer est facile à laver et à détartrer. Il s'entartre peu, d'ailleurs, grâce à la circulation très active qui s'établit dans les tubes. Enfin, si on considère que la plupart des explosions de chaudières de locomotive ont trouvé leur origine dans une défectuosité de la boite à feu ou du foyer, il semble que la chaudière Brotan doive offrir de ce côté des garanties spéciales.

La première application de ce type de chaudière a été faite au commencement de l'année 1901 sur la locomotive 4754 (série 47) de l'État autrichien. Nous avons visité le foyer de cette machine dans le courant de l'été 1904, alors que sa chaudière avait trois ans et demi de service. A cette époque, aucun tube d'eau n'avait encore été ni changé ni réparé et nous avons pu constater que le foyer était en excellent état. La surface des tubes n'était ni déformée, ni corrodée, même dans le voisinage de la grille, et cependant les traces de vitrification et de corrosion observées sur les parties en maçonnerie indiquaient que la chaudière n'avait pas été ménagée.

Par un train de marchandises de 575 tonnes que nous avons accompagné sur une cinquantaine de kilomètres entre Laybach et Lees-Veldes (ligne de Laybach à Villach) et que remorquait la même machine 4754, nous avons pu constater que la production de la chaudière était régulière et sa conduite facile. Sur tout ce trajet, la pression effective maxima de 12 atm a été maintenue et le tube à niveau d'eau est resté plein, sauf sur les deux derniers kilomètres où, en raison du profil et de la consommation de vapeur que faisaient les cylindres (37 0/0 d'admission à la vitesse de 13 km et en simple expansion), le niveau de l'eau s'est abaissé progressivement jusqu'au milieu de la hauteur du tube. A aucun moment, la chaudière n'a primé, bien que le niveau de l'eau fût tenu très élevé. De semblables constatations n'ont cependant toute leur valeur que si la puissance de production de la chaudière a été poussée au maximum. Or, malgré une consommation de près de 500 kg de lignite par

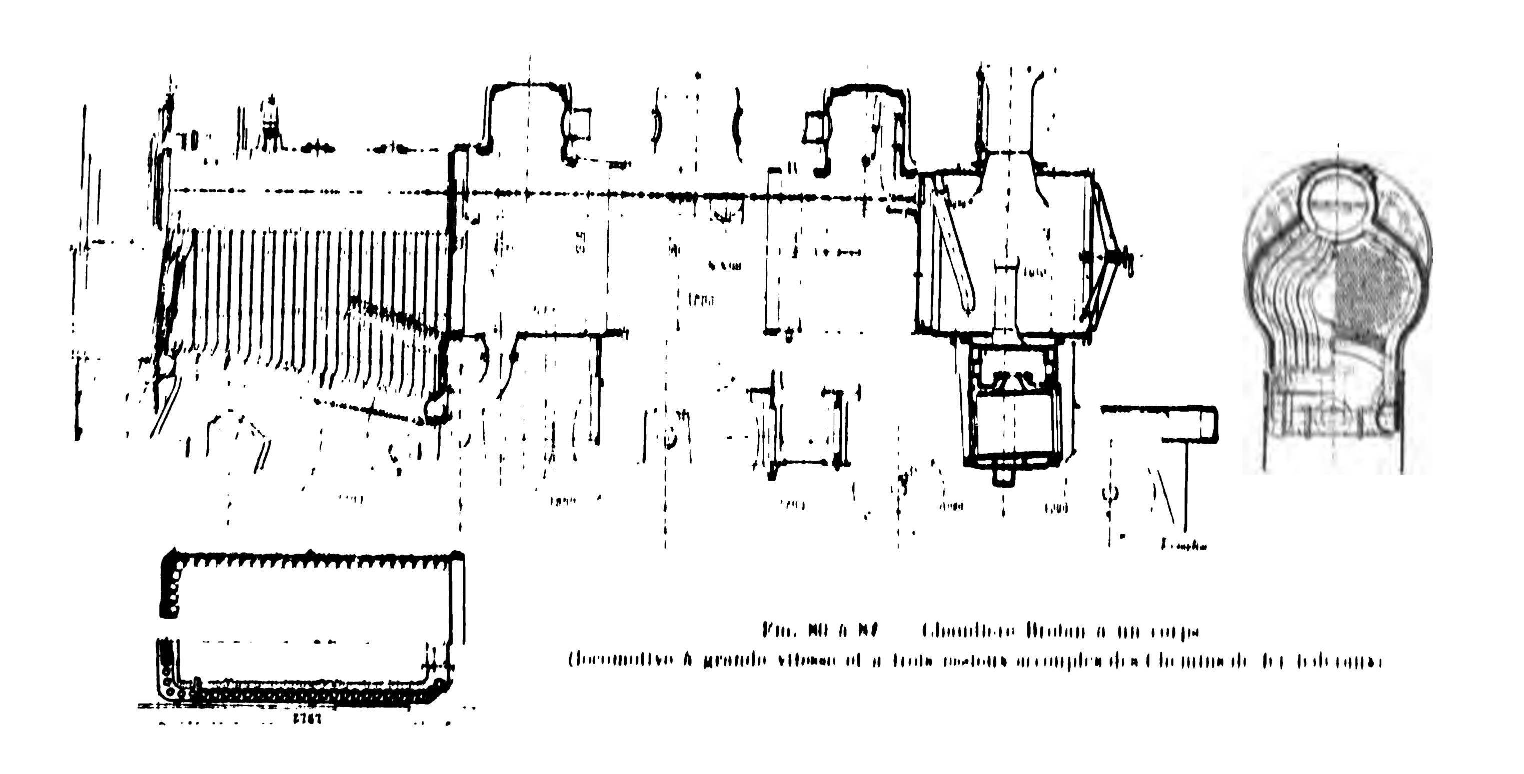


Fig. [illegible] à [illegible]. — Chaudière Brotan à un corps

Locomotive à grande vitesse [illegible] des Chemins de fer [illegible]

mètre carré de grille et par heure, la vaporisation horaire n'a été en moyenne que de 3.370 l d'eau. Il eût fallu pouvoir doubler ce chiffre pour être en mesure de porter sur le fonctionnement général de la chaudière un jugement certain.

Quoi qu'il en soit, les résultats très satisfaisants obtenus avec la machine 4754, non seulement sur les lignes de la Carniole, mais encore sur d'autres sections du réseau de l'État autrichien, ont engagé cette Administration à étendre progressivement l'application de la chaudière Brotan, d'abord à quatre nouvelles locomotives de la même série (série 47), puis à six locomotives à grande vitesse de la série 4, enfin à une machine à quatre essieux accouplés de la série 76.

Des chaudières d'essai du même système ont été mises à l'étude, commandées ou même déjà mises en service par les Administrations des Chemins de fer de l'État hongrois, de l'État prussien, de l'État wurtembergeois, de Moscou à Kazan, de Suisse, etc., enfin par les Compagnies françaises de P.-L.-M. et du Midi. Plusieurs de ces chaudières ont reçu la disposition représentée par les figures 80 à 82, relatives à une chaudière de locomotive à trois essieux accouplés et à bogie des Chemins de fer fédéraux de Suisse. Au lieu de régner sur toute la longueur de la chaudière, le collecteur supérieur des tubes à eau est raccordé à la partie supérieure de la plaque tubulaire d'arrière convenablement agrandie. A cet effet le corps cylindrique, nécessairement rétréci dans le modèle primitif, est, au contraire, élargi et pourvu à l'arrière d'une virole tronconique dont la plaque tubulaire d'arrière occupe la grande base. Bien entendu, la disposition du faisceau tubulaire est celle des chaudières ordinaires.

Les figures 83 à 89 se rapportent à une locomotive analogue, mais à double collecteur, destinée au Canadian Pacific Railway.

L'initiative de M. Brotan n'a d'ailleurs pas été isolée. Pendant qu'il mettait au point le type de chaudière que nous venons de décrire, comportant à la fois des tubes à fumée et des tubes à eau, un autre inventeur, M. Robert, Ingénieur en chef du matériel et de la traction du réseau algérien de la Compagnie P.-L.-M., qui se trouvait aux prises avec des difficultés analogues résultant non de la mauvaise qualité des combustibles, mais de la mauvaise qualité des eaux d'alimentation, construisa de son côté une chaudière de locomotive d'un type entièrement nouveau. Assez semblable à la chaudière Brotan quant à la disposition du foyer, la chaudière Robert en diffère com-

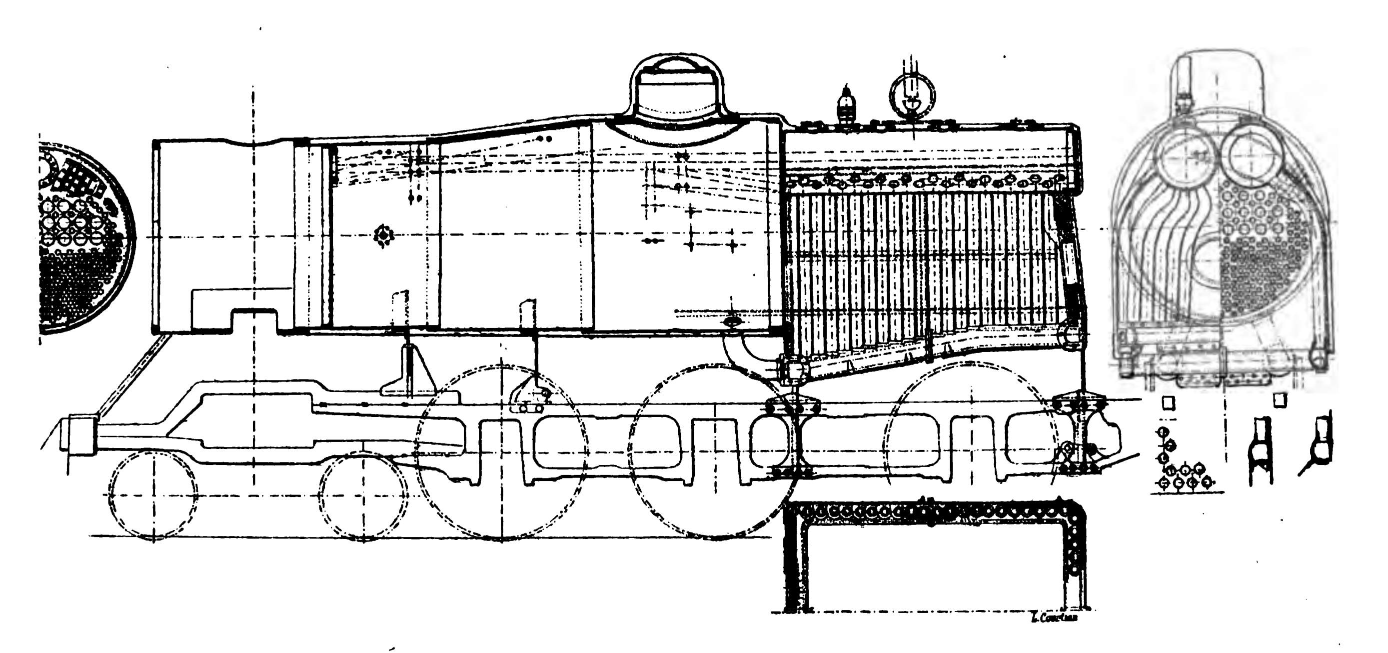


Fig. 83 à 89. — Chaudière Brotan à double collecteur supérieur (locomotive à trois essieux accouplés du Canadian Pacific Railway)

plètement par les autres parties, en raison de la suppression complète des tubes à fumée et de leur remplacement par des tubes à eau. Néanmoins, et bien que les deux chaudières aient été étudiées indépendamment l'une de l'autre, on peut faire dériver la chaudière Robert de la chaudière Brotan : 1° en agrandissant le diamètre du collecteur supérieur ; 2° en rétrécissant au contraire, et en abaissant en même temps le corps cylindrique, préalablement dépourvu de ses tubes à fumée, ce qui conduit à allonger les cuissards ; 3° en reliant le collecteur supérieur au corps cylindrique, réduit au rôle de collecteur inférieur, par un grand nombre de tubes à eau diversement cintrés, mais présentant tous leur concavité vers le plan méridien de la machine. Les tubes les plus éloignés de ce plan sont des tubes jointifs qui prolongent vers l'avant, à droite et à gauche, les parois tubulaires latérales du foyer. Ils constituent ainsi une gaine que parcourent les gaz chauds avant de se rendre à la boîte à fumée et au milieu de laquelle les autres tubes à eau sont disposés en quinconce.

La chaudière Robert, dont le premier exemplaire, mis en service le 15 février 1904, s'est remarquablement comporté depuis lors, et dont un autre exemplaire est actuellement exposé à Milan, a franchi, elle aussi, les frontières de son réseau : une chaudière semblable va être mise à l'essai sur le réseau métropolitain du P.-L.-M.

Enfin, nous sommes informé que la Compagnie du Nord étudie, de concert avec les Ateliers du Creusot, une chaudière à corps cylindrique et faisceau tubulaire ordinaires suivis d'un foyer genre chaudière Du Temple, à tubes de petit diamètre, mais avec des collecteurs inférieurs cloisonnés, de manière à pouvoir détartrer les tubes, comme dans la chaudière Solignac-Grille, par une chasse de vapeur vive. Cette chaudière sera appliquée à une locomotive à grande vitesse du type Atlantic.

Si nous insistons sur ces diverses tentatives qui n'ont plus qu'un rapport lointain avec l'Exposition de Liège, c'est que leur multiplicité nous paraît constituer un symptôme. Rapprochées du fait déjà signalé de l'arrêt qu'a subi la marche ascendante du timbre, elles semblent indiquer que la chaudière locomotive approche d'un tournant de son histoire.

Dire que l'ancienne chaudière de Stephenson et de Marc Seguin, qui pendant soixante-quinze ans s'est prêtée avec une merveilleuse élasticité et moyennant quelques modifications d'impor-

tance relativement secondaire, au développement continu de la locomotive, est arrivée aujourd'hui au terme de sa carrière, serait assurément prématuré. Il n'est cependant pas téméraire de penser que le jour n'est peut-être pas très éloigné où, refusant de se plier à de nouvelles exigences, elle devra céder la place à un type de chaudière entièrement différent, peut-être moins avantageux que l'ancien sous certains rapports, mais se prêtant plus aisément à de nouveaux accroissements successifs du timbre et de la vaporisation horaire, c'est-à-dire de la puissance.

Toutefois, ainsi que le fait justement remarquer M. Demoulin (1), l'emploi de boîtes à feu débordantes pourrait être de nature à retarder cette évolution. Les boîtes à feu débordantes permettront, en effet, d'élargir notablement les lames d'eau, d'améliorer ainsi la circulation autour des parois du foyer et surtout de diminuer la fatigue des entretoises qui, mieux rafraîchies et soumises à des efforts de flexion moindres, seront moins exposées aux ruptures.

Enfin, d'autres ingénieurs semblent convaincus que l'emploi généralisé de la vapeur surchauffée entraînera l'abandon des hautes pressions actuelles et la limitation du timbre des chaudières aux environs de 12 kg. S'il devait en être ainsi, la création d'un type pratique de chaudière locomotive à tubes d'eau perdrait évidemment beaucoup de son intérêt.

(1) MAURICE DEMOULIN, *la Locomotive actuelle*, p. 26 et suivantes.

TROISIÈME PARTIE

UTILISATION DE LA VAPEUR

Au point de vue du mode d'utilisation de la vapeur, les locomotives de l'Exposition de Liège se divisent en deux classes, selon que la vapeur est admise dans les cylindres à l'état saturé ou à l'état surchauffé. Chacune de ces deux classes se subdivise elle-même en deux catégories, suivant que la vapeur travaille à simple expansion ou en compound.

Le tableau X fait connaître le nombre des locomotives de chaque catégorie comprises dans les groupements que nous avons précédemment considérés.

TABLEAU X

LOCOMOTIVES		A vapeur saturée — a simple expansion	A vapeur saturée — compound	A vapeur surchauffée — a simple expansion	A vapeur surchauffée — compound	TOTAUX
A voie étroite	belges	1	»	»	»	1
	françaises	4	»	»	»	4
D'usine et de tramway (belges)		4	»	»	»	4
De grande ligne	belges	5	2	6	2	15
	françaises	»	8	»	»	8
TOTAL des locomotives à simple expansion		14	»	6	»	20
TOTAL des locomotives compound		»	10	»	2	12
TOTAL des locomotives à vapeur saturée		24		»		32
TOTAL des locomotives à vapeur surchauffée		»		8		

Il résulte de ce tableau que toutes les locomotives à voie étroite, belges ou françaises, et toutes les locomotives d'usine appartiennent à la catégorie des machines à vapeur saturée et à simple expansion ; que toutes les locomotives françaises de grande ligne sont à vapeur saturée et compound ; enfin, que seules les locomotives belges de grande ligne comprennent des machines des quatre catégories.

Nous passerons successivement en revue :

1° Les locomotives à vapeur saturée et à simple expansion ;

2° Les locomotives à double expansion, à vapeur saturée ou non, considérées au point de vue exclusif de leur fonctionnement en compound;

3° Les locomotives à vapeur surchauffée, compound ou non, considérées au point de vue de l'emploi de la surchauffe.

Locomotives a vapeur saturée et a simple expansion. Leurs inconvénients.

Des premières, dont les éléments essentiels du mécanisme sont groupés dans le tableau XI, nous n'avons rien à dire : leur système est presque aussi ancien que la locomotive elle-même, et c'est précisément à l'abandonner qu'ont consisté les progrès réalisés depuis vingt ans. Nous nous bornerons à rappeler que l'abondance des condensations et des réévaporisations périodiques qui se produisent au contact des parois de leurs cylindres les rend impropres à la réalisation économique des détentes prolongées et, par suite, à une utilisation avantageuse de la vapeur à haute pression.

Le phénomène est connu : les parois du cylindre étant nécessairement à une température inférieure à celle de la chaudière, une partie de la vapeur admise se condense à leur contact et les réchauffe. Plus tard, vers la fin de la détente et pendant l'échappement, la pression s'étant abaissée, l'eau condensée pendant l'admission se réévapore, reprenant ainsi aux parois la chaleur qu'elle leur avait apportée en se condensant. Les cylindres jouent donc alternativement le rôle de condenseur et de générateur, et les échanges de chaleur qui s'opèrent ainsi périodiquement et en sens inverses entre la vapeur et le métal se traduisent par un transport inutile, de la chaudière au condenseur, — dans l'espèce, à l'atmosphère — d'un certain nombre de calories qui auraient pu être transformées en travail mécanique, si, pendant les phases actives de la distribution, elles ne s'étaient en quelque sorte dissimulées dans l'épaisseur des parois.

Pour celles-ci, le phénomène, d'ailleurs très complexe, se réduit à une *marée* de chaleur dont le flux correspond surtout à l'admission, le reflux à l'échappement. Elles-mêmes peuvent être comparées à une sorte de pompe aspirante et foulante qui périodiquement aspire des calories dans la chaudière pour les refouler en pure perte dans l'atmosphère.

TABLEAU XI

Locomotives à vapeur saturée et à simple expansion (deux cylindres).

Nos d'ordre des machines	ADMINISTRATIONS PROPRIÉTAIRES OU CONSTRUCTEURS	TYPE	SURFACE de GRILLE — G	DIAMÈTRE des CYLINDRES	COURSE des PISTONS	VOLUME ENGENDRÉ par un piston — V	VOLUME TOTAL des cylindres par mètre carré de grille — $\frac{2V}{G}$	NATURE des TIROIRS	TYPE des MÉCANISMES de distribution
			m²	mm	mm	d³	d³		
2	Ateliers de la Meuse	Voie de 0m 60	0,300	165	300	6,414	42,760	Plans.	Walschaerts.
3	Société Decauville		0,290	135	200	2,862	19,743	d°	d°
4	Chemin de fer de l'Indo-Chine	Voie de 1 mètre	1,432	380	520	58,973	82,364	d°	d°
5	Département des Ardennes		0,770	300	450	31,808	82,620	d°	d°
6	Société Decauville		0,542	250	320	15,707	57,962	d°	d°
7	J. Cockerill	Locomotives d'usine et de tramway	1.000	285	320	20,414	40,828	d°	d°
8	Bois du Luc		1,440	420	600	83,124	115,450	d°	d°
9	Gué à Menaucourt		1,400	400	500	62,830	89,757	d°	d°
10	Chemins de fer vicinaux		1,470	350	400	38,484	65,783	d°	d°
11	État belge	18	2,070	482	660	120,430	116.337	d°	Stephenson.
14	—	15	2,520	440	610	92,750	73,611	d°	d°
24	—	32	2.520	470	660	114,503	90,875	d°	d°
30-31	—	23	2,230	480	600	108,576	97,877	Plans équilibrés.	Walschaerts.

Quant à l'importance des condensations périodiques, elle croît avec la pression initiale, avec l'étendue des surfaces condensantes et surtout avec la chute de température que subit la vapeur pendant son expansion : à des pressions même modérées et pour peu que la détente soit prolongée, ces condensations peuvent atteindre 40 0/0, 50 0/0 et même 60 0/0 de la quantité totale de vapeur admise. Ainsi s'explique ce fait, depuis longtemps connu des praticiens, mais contraire aux anciennes théories, que, pour chaque type de machine, il existe un degré d'admission déterminé pour lequel le rendement du kilogramme de vapeur est maximum. Ce cran le plus avantageux est généralement compris dans les machines à vapeur saturée à simple expansion entre 25 et 30 0/0. A une admission plus forte, il y a perte de travail par insuffisance de détente ; à une admission plus faible, les pertes de travail occasionnées par les condensations l'emportent sur le bénéfice dû à une expansion plus prolongée (1).

C'est à diminuer l'importance des condensations périodiques, à réduire le débit de la pompe au fonctionnement de laquelle nous venons d'assimiler l'action thermique des parois, à augmenter par conséquent le degré de détente le plus avantageux et à améliorer ainsi le rendement des machines à haute pression que se sont surtout appliqués, au cours du dernier demi-siècle, les Ingénieurs qui ont cherché à perfectionner la machine à vapeur.

Trois solutions principales ont été indiquées, savoir :

1° L'emploi des chemises ou enveloppes de vapeur ;

2° L'emploi des machines à détentes successives dont les compound sont le type le plus simple et le plus répandu ;

3° L'emploi de la vapeur surchauffée.

De ces trois solutions, aucune n'est d'invention récente. Soit

(1) Pour donner une idée de l'importance des pertes de travail occasionnées par les condensations, on a parfois comparé le nombre de calories successivement absorbées et rendues par les parois au cours d'une cylindrée, au nombre de calories qui, au cours de la même cylindrée, sont effectivement transformées en travail. Il est facile de montrer que le premier de ces nombres est fréquemment quatre ou cinq fois plus grand que le second et le rôle des parois apparaît alors comme étant tout particulièrement désastreux. Mais cette manière de présenter les choses n'est pas absolument correcte en ce sens qu'elle semble mettre au compte des condensations périodiques des pertes de chaleur considérables qui ne sont pas de leur fait. La vapeur qui se condense sur les parois leur abandonne sa chaleur de vaporisation qui sans doute est considérable, mais qui en tout état de cause est transportée au condenseur. Si, au lieu d'être employée à réchauffer le métal du cylindre, cette vapeur pouvait travailler adiabatiquement, elle ne transformerait en travail qu'un nombre de calories beaucoup moindre.

intuition, soit empirisme, les constructeurs les ont appliquées ou recommandées toutes les trois à une époque où leur véritable rôle n'était pas soupçonné. La découverte du remède a précédé la connaissance du mal.

L'enveloppe de vapeur est due à Watt. Longtemps méconnue, son efficacité a été mise en lumière par les expériences de Hirn. Son mode d'action consiste, d'une part, à élever la température moyenne du cylindre et à réduire ainsi la masse de métal qui participe aux échanges de chaleur. D'autre part, elle hâte les réévaporations qui, au lieu de se produire surtout pendant l'échappement, se produisent surtout pendant l'acte de la détente et augmentent ainsi sensiblement le travail rendu, moyennant une très faible dépense de vapeur dans l'enveloppe. Appliquées aux locomotives, les chemises de vapeur n'ont cependant jamais donné de résultats positifs. Cet insuccès paraît s'expliquer, en partie, par ce fait que les enveloppes mises à l'essai n'ont jamais été que des enveloppes à vapeur plus ou moins stagnante. Ce n'étaient, d'autre part, que des enveloppes partielles ne réchauffant qu'une portion de la surface cylindrique des cylindres, laquelle ne constitue elle-même, comme on sait, qu'une fraction assez faible de la surface totale mouillée par la vapeur pendant l'admission. Telles étaient, notamment, les enveloppes que la Compagnie de l'Est avait appliquées aux cylindres H. P. et B. P. de ses vingt premières locomotives à six roues accouplées et à tiroirs cylindriques, et auxquelles elle a renoncé pour les trente locomotives suivantes dont la dernière était exposée à Liège.

Le fractionnement de la détente agit d'une tout autre façon. Quand la chute totale de température est partagée entre deux cylindres successifs, l'importance des condensations est réduite dans chacun d'eux à la moitié environ de ce qu'elle serait dans le cylindre unique équivalent. Si les pertes dues à ces condensations s'ajoutaient, il est clair que le bénéfice serait nul; il y aurait même des raisons pour qu'il fût négatif. Mais il n'en est pas ainsi : c'est la même quantité de vapeur qui se condense et se réévapore successivement dans chaque cylindre. Ce sont les mêmes calories qui successivement cédées et reprises aux parois du cylindre H. P. servent ensuite à réchauffer celles du cylindre B. P. Au lieu d'une pompe aspirant les calories dans la chaudière pour les refouler dans l'atmosphère, nous en avons bien deux ; mais accouplées en série, et non en quantité,

elles ne cumulent pas leurs débits, et la perte totale qu'elles occasionnent est à peu près la moitié de celle qu'occasionnerait la pompe unique qu'elles remplacent.

Au lieu de réduire les pertes par condensation de moitié, on les réduirait au tiers, au quart, au $n^{ième}$, si, au lieu de partager la chute de température entre deux cylindres, on la partageait entre trois, quatre, *n* cylindres successifs. Mais l'addition de chaque cylindre supplémentaire entraine nécessairement celle d'un attirail plus ou moins complet d'organes de transmission et de distribution, dont le mouvement absorbe une fraction toujours appréciable du travail développé par la vapeur. On arrive ainsi rapidement à la limite au delà de laquelle on perdrait sur le travail effectif autant et plus qu'on ne gagnerait sur le travail indiqué. Pour les locomotives, on n'est pas allé jusqu'ici au delà de la double expansion.

Enfin, le système de la surchauffe, en incorporant à la vapeur saturée des calories supplémentaires, en la transformant en une sorte de gaz parfait, a pour effet de diminuer considérablement son coefficient de conductibilité et de transmissibilité de la chaleur aux parois du cylindre. Au lieu de mettre en présence dans l'intérieur de celui-ci deux corps, l'un métallique, l'autre à l'état de vapeur saturée qui ne demandent qu'à se céder et à se reprendre des calories l'un à l'autre, on substitue à la vapeur un gaz moins sensible aux changements de température qui se prête fort mal à ces échanges. Dans ces conditions, la couche de métal qui y participe se resserre, les températures extrêmes auxquelles ses divers points sont alternativement portés se rapprochent, l'adiabaticité des parois devient meilleure. Toutefois et lors même qu'elle est poussée à 100 degrés et plus au delà du point de saturation, la surchauffe ne suffit pas, en général, à empêcher les condensations; mais elle les retarde, en limite l'abondance et procure ainsi une économie de combustible comparable à celle qu'on réalise par le compoundage.

On remarquera que les trois procédés indiqués pour réduire l'importance des condensations périodiques, savoir : l'emploi des enveloppes, le compoundage et la surchauffe, sont tout à fait indépendants les uns des autres et qu'ils peuvent être appliqués à une même machine, soit deux à deux, soit tous les trois simultanément. C'est ainsi que le compoundage a été cumulé, d'une part, avec l'emploi d'une chemise de vapeur, sur les locomotives à six roues accouplées 3501 à 3520 de la Compagnie de l'Est,

d'autre part, avec l'emploi de la surchauffe sur deux des locomotives de l'État belge qui figuraient à Liège.

Une autre remarque intéressante est la suivante :

Du côté français, les quatre locomotives à voie étroite, qui toutes sont à simple expansion, sont timbrées entre 10 kg et 12,500 kg. Des huit locomotives à voie large, qui toutes sont Compound, quatre sont timbrées à 15 kg, les quatre autres à 16 kg.

Du côté belge, le timbre des chaudières varie :

Entre 10 et 13 kg pour les dix locomotives à simple expansion et vapeur saturée ;

Entre 12 et 14 kg pour les six locomotives à simple expansion et vapeur surchauffée ;

Entre 15 et 15,50 kg pour les deux locomotives compound à vapeur saturée ;

Il est enfin de 15,50 kg pour les deux locomotives compound à vapeur surchauffée.

Locomotives compound.

Le tableau X montre que, sur les trente-deux locomotives à vapeur, douze seulement, soit 37 1/2 0/0, un peu plus du tiers, étaient compound. Si l'on se rapporte au tableau XII, relatif au pourcentage des locomotives compound dans les diverses Expositions universelles qui se sont succédé depuis 1878, on constate que ce pourcentage a été en croissant jusqu'en 1900 et que depuis lors il a fléchi, Saint-Louis marquant un recul par rapport à Chicago, Liège par rapport à Paris 1900.

Tableau XII.

EXPOSITIONS	NOMBRE DE LOCOMOTIVES à vapeur	NOMBRE DE LOCOMOTIVES compound	POURCENTAGE DES compound
Paris 1878.	53	1	1,8 0 0
Paris 1889.	50	7	14.0
Chicago 1893	62	20	32.2
Paris 1900.	68	35	51,4
Saint-Louis 1904.	40	10	25,0
Liège 1905	32	12	37.5

On serait tenté d'en conclure *a priori* que le système compound n'a plus autant qu'autrefois la faveur des constructeurs ou que cette faveur commence à lui être disputée par quelque autre système plus ou moins équivalent, tel, par exemple, la surchauffe. Vraie peut-être pour Saint-Louis et Chicago, en ce sens que la surchauffe semble effectivement devoir se répandre en Amérique, où le compoundage n'a eu jusqu'ici qu'un succès relatif, cette conclusion ne saurait s'appliquer en aucune façon aux Expositions européennes et, en dépit des apparences, l'Exposition de Liège consacre le triomphe définitif de la locomotive compound de ce côté-ci de l'Atlantique.

Pour faire évanouir ce que cette proposition peut avoir au premier abord de paradoxal, il suffit de considérer séparément la section belge et la section française et de les comparer aux sections belge et française de l'Exposition de 1900.

Or, des dix pays qui avaient participé à cette Exposition, la Belgique était le seul qui n'eût envoyé aucune locomotive compound. Et si elle n'en avait point envoyé, c'est qu'effectivement elle n'en possédait point. « A plusieurs reprises, dit M. Matthei (1),
» on fit des essais avec des locomotives compound. Mais les
» résultats obtenus ne furent jamais suffisamment décisifs pour
» motiver l'abandon des moteurs à simple expansion alors en
» service. »

De ce que nous avons vu à Liège, nous pouvons donc conclure que le seul pays qui, en 1900, ne reconnaissait encore aucun avantage décisif aux locomotives compound semble s'être rallié aujourd'hui à l'opinion générale.

L'Exposition de 1900 comprenait, d'autre part, quinze locomotives à voie large destinées à circuler sur des lignes françaises. De ces quinze locomotives, neuf seulement, soit les trois cinquièmes ou 60 0/0, étaient compound et, bien que les sept grandes Administrations françaises eussent toutes exposé des locomotives à double expansion, toutes n'étaient pas encore convaincues de la supériorité économique de ce mode d'utilisation de la vapeur. A Liège, la proportion des compound françaises à voie large s'est élevée à 100 0/0 et, fait significatif, une des locomotives à simple

(1) *Les locomotives de l'État belge à l'Exposition de Liège*, par F. Matthei, Ingénieur aux Chemins de fer de l'État belge. Au nombre des essais auxquels il est fait ici allusion, nous citerons ceux qui ont été faits, en novembre et décembre 1897, entre Schaerbeek, Ans et Ostende, sur la locomotive n° 1760 de la Compagnie du Midi, qui avait figuré la même année à l'Exposition de Bruxelles.

expansion qui avait figuré en 1900 à Vincennes revenait compoundée à Liège en 1905.

La conclusion précédemment énoncée se justifie donc pleinement : ce qu'en réalité l'Exposition de Liège nous enseigne, c'est que, d'une part, la Belgique, qui seule en Europe hésitait à appliquer la double expansion, s'est montrée disposée à l'adopter et que, d'autre part, en France, l'accord s'est enfin établi sur la supériorité de ce système.

C'est même la première fois, croyons-nous, que l'unanimité d'un pays entier en faveur de la double expansion se manifeste dans une Exposition par un groupement aussi important, et cette constatation offre, dans l'espèce, d'autant plus d'intérêt que la locomotive compound est, comme personne ne l'ignore, une création française.

Historique sommaire du développement de la locomotive compound.

C'est, en effet, pour une ligne française, celle de Bayonne à Biarritz, que la première machine de ce genre fut construite au Creusot, en 1876, sur les plans de M. Mallet. Bien plus, le principe même sur lequel est basée la supériorité économique des détentes successives, c'est-à-dire le défaut d'adiabaticité des parois des cylindres, a été énoncé, puis établi expérimentalement par deux savants français, Reech et Hirn.

Il s'en faut cependant et, de beaucoup, que la locomotive compound ait fait toute son évolution en France, qu'elle ait parcouru, en France, toutes les étapes de son développement. Comme beaucoup d'initiateurs, M. Mallet ne fut pas prophète dans son pays. Son exemple ne fut d'abord suivi qu'à l'étranger, notamment en Russie par M. Borodine, alors Ingénieur en chef du Sud-Ouest russe, et par M. Urquhart, du Chemin de fer de Griazi-Tsaritsine, de même en Angleterre par MM. Webb et Worsdell, qui dirigeaient respectivement les Services du matériel et de la traction du London and North Western et du Great-Eastern. Mais c'est en Allemagne, grâce aux efforts persévérants de M. von Borries, que l'emploi de la double expansion se développa le plus rapidement, et l'on peut dire des lignes de la Direction de Hanovre qu'elles furent, à partir de 1880, un des principaux théâtres de la lutte qui s'engagea entre l'ancien et le

nouveau système de détente, lutte qui se termina par le triomphe aujourd'hui complet de la locomotive compound.

D'abord très lents, les progrès furent de plus en plus rapides. A la fin de l'année 1890, dix ans exactement après le premier essai de M. von Borries, l'Allemagne ne possédait pas moins de 430 locomotives à double expansion pourvues d'appareils de démarrage du type von Borries et Worsdell. 523 locomotives semblables circulaient en Angleterre, dans les Indes et le Sud de l'Amérique, 2 en Italie, 32 en Russie, 11 en Suisse, 8 aux États-Unis, ce qui fait un total de plus de 1 000 locomotives compound, au nombre desquelles ne sont pas comprises celles de M. Webb, aujourd'hui disparues, qui toutes comportaient trois cylindres.

A la même époque, les sept grands réseaux français n'en possédaient encore que trente-deux, dont une série de vingt-trois machines à quatre essieux accouplés et à cylindres en tandem, système Woolf (1), de la Compagnie du Nord. Les neuf autres n'étaient que des machines d'essai qui n'ont jamais été reproduites à plus de un ou deux exemplaires.

Ce n'est qu'à partir de 1892, après le succès des machines à grande vitesse 2121 et 2122 de la Compagnie du Nord, dont la seconde figura à l'Exposition de Chicago, ainsi que des machines C. 11 et C. 12 de la Compagnie P.-L.-M., très semblables aux précédentes, que les idées s'orientèrent nettement vers la double expansion et que les Compagnies françaises s'engagèrent résolument dans la voie si brillamment ouverte par deux d'entre elles.

Au 1er janvier 1902, soit dix ans après la mise en service des locomotives 2121 et 2122 du Nord, le nombre des locomotives compound en service sur les sept grands réseaux français était de 1 128, se décomposant comme suit :

(1) Nous rappelons que les machines *Woolf*, réduites à leur plus simple expression, sont des machines à deux cylindres successifs et à transvasement, dans lesquelles l'absence de réservoir intermédiaire rend obligatoire, avec une certaine tolérance cependant, la *concordance* des points morts. La détente de la vapeur se produisant principalement au cours de son transvasement, le petit cylindre est plus spécialement *admetteur*, le grand exclusivement *détendeur*. Grâce à l'adjonction d'un *réservoir intermédiaire*, les machines *compound* peuvent être à points morts *discordants*. D'autre part, la vapeur pouvant se transporter d'un cylindre dans l'autre sans subir obligatoirement une détente, il n'y a plus, à proprement parler, ni cylindre spécial d'admission, ni cylindre spécial de détente, mais un *cylindre de haute pression* et un *cylindre de basse pression*, dans lesquels la vapeur est successivement admise et successivement détendue.

A deux essieux moteurs libres	2	dont une à trois et une à quatre cylindres.
A deux essieux accouplés. .	405	toutes à quatre cylindres ;
A trois — . .	540	dont seize à deux cylindres et une à trois cylindres ;
A quatre — . .	181	toutes à quatre cylindres (23 du type Woolf).
TOTAL.	1 128	

En revanche, tandis que l'Allemagne ne créait que des locomotives compound à deux cylindres et alors que M. Webb restait fidèle à son type à trois cylindres, la France adoptait en quelque sorte d'emblée le principe du compoundage à quatre cylindres, dont l'application s'est généralisée depuis et qui a permis d'accroître les vitesses et les charges, notamment celles des trains rapides, dans une mesure jusque-là inconnue.

En effet, sur les trente-deux locomotives compound que possédaient, vers la fin de 1890, les sept grands réseaux français, vingt-neuf étaient à quatre cylindres. Deux autres étaient à trois cylindres, l'une du système Webb à cylindre unique de basse pression, l'autre du système Sauvage à cylindre unique de haute pression. Quant au type à deux cylindres, alors si florissant en Allemagne et qui continuait d'ailleurs à donner satisfaction sur la petite ligne de Bayonne à Biarritz, il n'était représenté en France, sur les lignes d'intérêt général, que par un seul et unique exemplaire. C'était une machine à six roues accouplées des Chemins de fer de l'État, transformée en compound en 1888 et qui, du reste, peu d'années plus tard, fut remise dans son état primitif.

Deux autres locomotives à deux cylindres, construites pour essai par la Compagnie de l'Est en 1892, ne semblent guère avoir eu plus de succès et il faut aller jusqu'en 1900 pour voir une Compagnie française, celle du Midi, appliquer à une série de quatorze machines, après des essais des plus encourageants, le compoundage à deux cylindres.

Digression sur les locomotives compound a deux cylindres.

Il serait peut-être difficile d'énoncer les motifs, vraisemblablement complexes, pour lesquels les locomotives de ce genre

ont reçu en France un accueil si peu favorable. L'épithète de « boiteuses », qui leur est parfois dédaigneusement appliquée, semble indiquer qu'on leur reproche surtout leur dissymétrie, autrement dit l'inégalité des travaux et des efforts développés à droite et gauche de la machine. « Au point de vue de la » stabilité, comme aussi de la distribution des efforts, disait M. de Lapparent de la première locomotive de M. Mallet, il y avait dans ce défaut de symétrie un inconvénient réel. »

Cette appréciation ne saurait étonner si on considère qu'elle remonte à 1889. Or, en 1889, bien des personnes pensaient encore que la stabilité d'une locomotive est exclusivement fonction de l'intensité des forces d'inertie développées par les masses en mouvement relatif et du plus ou moins de soin mis par le constructeur à les équilibrer par des contrepoids. En 1889, les expériences du P.-L.-M. n'avaient pas encore mis en évidence la part minime qui revient à l'inertie de ces masses dans la production des mouvements parasites. En 1889, les expériences de Zossen n'avaient pas encore montré qu'une remorque de 45 t de poids mort et de 17 m d'empattement total, à deux bogies de trois essieux chacun, peut prendre, à très grande vitesse et tout à fait indépendamment du moteur, un lacet des plus inquiétants. En 1889, enfin, les tramways électriques n'avaient pas encore fourni la preuve quotidienne que lorsque les précautions indispensables n'ont pas été prises, un véhicule automobile quelconque, fût-il électrique et absolument dépourvu de masses en translation, est susceptible de prendre, sur rails et à grande vitesse, un mouvement de lacet des plus désordonnés. En fait, les causes prédominantes du lacet sont indépendantes du mécanisme de la machine : il en est naturellement de même du remède, depuis longtemps connu des praticiens, qui consiste à augmenter les empattements et surtout à supprimer les masses en porte-à-faux. On est en droit de se demander, dans ces conditions, ce que peut réellement sur la stabilité d'une machine une surcharge de 50 à 60 kg du côté de la basse pression, étant donné surtout que cette surcharge, qui ne représente pas, en général, 12 0/0 de la totalité des masses en translation, peut être facilement équilibrée par un contrepoids.

Quant à l'égalité des travaux, elle est sans doute désirable et il est bien évident que, si elle est à peu près réalisée pour un cran de marche et pour une vitesse déterminée, elle ne saurait l'être pour un autre cran et une autre vitesse, du moins

lorsque l'on pratique, comme c'est le cas général pour les machines à deux cylindres, la liaison des distributions. Mais il semble qu'ici encore on se soit singulièrement exagéré les inconvénients possibles d'une inégalité dont il est bien facile de limiter l'importance. En fait, un écart atteignant 20 et même 25 0/0, soit dans un sens, soit dans un autre, pour des conditions de marche extrêmes et pouvant être réduit à 5 ou à 10 0/0 pour les conditions de marche normales, ne saurait avoir dans la pratique aucune conséquence fâcheuse.

Au surplus, que vient-on nous parler ici de symétrie? En dehors des locomotives mues par l'électricité, il n'y a pas de locomotive symétrique. Ni les locomotives à simple expansion et à deux cylindres, ni les locomotives compound à quatre cylindres ne sont dans ce cas, et la preuve qu'elles ne sont pas symétriques, c'est que les manivelles de droite sont au point mort quand celles de gauche travaillent au maximum et réciproquement. Qu'en résulte-t-il? Que les deux côtés de la machine sollicitent inégalement l'adhérence du rail, les efforts tangentiels développés à droite et à gauche devenant alternativement maximum. De là une nouvelle cause de lacet, moins intéressante encore, à grande vitesse, que l'inertie des organes animés de mouvements relatifs et dont jamais les spécialistes ne se sont préoccupés, dont on a même nié l'existence (1). Qu'im-

(1) Lechatelier et Couche semblent avoir toujours ignoré cette cause de lacet. Von Borries la nie formellement.

« On perd ici de vue, dit-il (*Organ* 1897, p. 233), que la roue de droite et la roue de » gauche sont reliées par un essieu relativement rigide qui leur transmet à toutes deux » l'effort appliqué à l'une des manivelles. Des efforts tangentiels unilatéraux ne pour- » raient donc subsister que jusqu'au moment où la torsion nécessaire à la transmission » *de la moitié* de l'effort est établie dans l'essieu. Or, cette torsion est négligeable »... » Les efforts exercés par la vapeur sont incapables, dit-il encore en 1903 (*Organ*, p. 37), » de produire des mouvements de lacet comme les forces d'inertie du mécanisme. Peu » importe donc à la régularité d'allure d'une machine que ces efforts soient égaux à » droite et à gauche, ou différents, ou même qu'en cas de besoin on n'utilise qu'un » seul des deux cylindres. » Rendant compte au Congrès des Chemins de fer, en 1900, d'observations déjà anciennes sur l'allure d'une locomotive à cylindres extérieurs, nous exprimions un avis tout différent : « *Lorsque la vapeur actionne » une paire de roues par une manivelle » extérieure*, disions-nous alors, *la roue » la plus voisine de cette manivelle travaille seule tant que sa limite d'adhé- » rence n'est pas atteinte et la roue conju- » guée n'entre en jeu que lorsque cette » limite est dépassée* ». (Compte rendu, » t. II, page X, 145.)

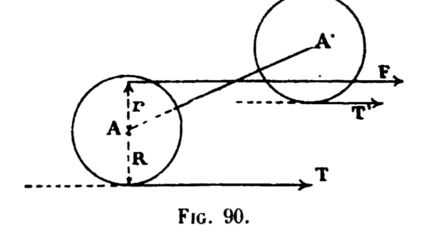


Fig. 90.

Voici la démonstration de cette proposition. Soit AA' *(fig. 90)* un essieu monté sollicité, au moment du démarrage, par une force F appliquée au bouton d'une manivelle exté-

porte, dans ces conditions, que l'effort tangentiel soit, d'un côté, un peu moins intense et un peu plus prolongé, de l'autre côté un peu plus intense et un peu moins prolongé? Il ne faut pas perdre de vue que pendant plus de dix ans tous les express d'Allemagne ont été remorqués par des « boiteuses », qu'un grand nombre de ces trains sont encore aujourd'hui remorqués par des compound à deux cylindres et que si, en fait, on leur substitue progressivement aujourd'hui des machines à quatre cylindres, c'est par suite de considérations absolument étrangères à la stabilité.

rieure. Nous pouvons admettre, pour la simplicité de la démonstration, que la force F est horizontale et située dans le plan de la roue A. Cette force est équilibrée par les efforts tangentiels T, T′, qui se développent au contact des roues avec les rails et par les forces de frottement, qui se développent au contact des fusées avec les coussinets. Si nous négligeons ces dernières, ce qui dans l'espèce ne présente aucun inconvénient, nous pouvons écrire :

$$Fr = (T + T')R,$$

r étant le rayon de la manivelle et R celui de la roue. La mécanique dite rationnelle ne fournit aucune autre équation permettant de déterminer T et T′. Leur somme seule est connue. Mais ces forces agissant dans des plans différents, il est évident que l'essieu ne peut transmettre de A en A′ l'effort qui fait naître T′ que moyennant une torsion d'où résultera un glissement relatif, sans doute très faible, mais encore appréciable et d'ailleurs accentué par la flexibilité des rayons, de l'une des roues par rapport à sa conjuguée. Or, ce glissement relatif ne peut être effectué par la roue A′, puisqu'il en résulterait un frottement de sens contraire à T′. Donc, il sera effectué par la roue A. Celle-ci ne pouvant patiner que lorsque T excède son adhérence, la proposition ci-dessus est démontrée.

Fig. 91.

Passons au cas des cylindres intérieurs et soient (*fig. 91*) en projection horizontale AA′ l'essieu, F la force horizontale appliquée au bouton de l'une des manivelles, T, T′ les efforts tangentiels. Il est clair que F ne peut solliciter l'adhérence à droite et à gauche que moyennant une torsion des deux parties de l'essieu, torsion en suite de laquelle le point I vient en I′. Si α et α' sont les angles de torsion, l et l' les longueurs des deux tronçons de l'essieu, on a nécessairement :

$$II' = \alpha l = \alpha' l'$$

et, comme les moments des forces sont proportionnels aux angles, on a :

$$\frac{T}{T'} = \frac{\alpha}{\alpha'} = \frac{l'}{l},$$

d'où :

$$T = \frac{l'}{l + l'} \cdot \frac{Fr}{R}.$$

Cette valeur ne pouvant excéder la limite Θ résultant du coefficient de frottement, il est évident que, si F est assez grand pour provoquer un patinage élémentaire de la roue, on a :

$$T = \Theta,$$

$$T' = \frac{Fr}{R} - \Theta.$$

Donc, *lorsque la vapeur actionne une paire de roues par une manivelle intérieure, les efforts tangentiels développés au contact du rail sont en raison inverse des distances de la*

En ce qui concerne le démarrage, qu'on s'est plu à représenter comme une des grosses difficultés du compoundage à deux cylindres, il semble aussi qu'on se soit souvent montré beaucoup plus sévère pour les locomotives de M. Mallet que pour les anciennes locomotives à simple expansion. Quand ces dernières, pour certaines positions des manivelles, ne consentent à partir en avant qu'après avoir effectué au préalable un léger déplacement vers l'arrière, personne n'y trouve à redire; le fait est en quelque sorte passé dans les mœurs. Mais s'il arrive qu'un semblable démarrage soit effectué par une machine compound à deux cylindres, bien des personnes sont encore disposées à y voir un inconvénient inhérent à son système. Pour pouvoir démarrer, la machine compound à deux cylindres exige l'emploi d'un appareil spécial inutile à la machine non compound, cela est exact. Mais ce qui est exact aussi, c'est que, grâce à cet appareil, la première démarre aussi bien et souvent plus sûrement que la seconde, quelle que soit l'orientation des manivelles.

L'expérience a montré, d'autre part, que, contrairement à ce que l'on pouvait craindre *a priori*, la réduction du nombre des coups d'échappement ne présente aucun inconvénient aux vitesses usuelles. Ce n'est que lorsque le nombre des tours de roues d'une locomotive compound à deux cylindres descend au-dessous de 75 par minute que la régularité du tirage commence à souffrir de la rareté des coups d'échappement. Au-dessous de 60 tours par minute, la vaporisation de la chaudière devient pénible. Mais ce sont là des vitesses angulaires qui sont devenues plutôt rares sur les chemins de fer et qui ne se rencontrent plus guère que sur de très fortes déclivités où il peut y avoir intérêt à réduire à moins de 20 km ou même de 15 km à l'heure la vitesse des trains de marchandises.

On voit combien étaient en réalité peu fondées les critiques

manivelle aux deux roues conjuguées, mais seulement aussi longtemps que la limite d'adhérence de la roue la plus voisine n'est pas atteinte. La répartition des efforts est la même que pour une machine à cylindres extérieurs, lorsque cette limite est dépassée.

Supposons la voie rectiligne et R rigoureusement invariable; il est aisé de se rendre compte de ce que devient la torsion de l'essieu en marche, quand la force considérée F ou deux forces semblables, situées dans les plans équidistants du plan méridien de la machine, varient périodiquement. Ainsi, dans le cas d'une machine à cylindres extérieurs, dont un côté a été paralysé, la torsion de l'essieu une fois produite restera constante ainsi que T', et T variera seul entre les limites — T' et Θ. Si les deux cylindres travaillent, la torsion de l'essieu changera de sens chaque fois que son moment augmenté de l'effort de la vapeur sera de nature à provoquer un patinage différentiel.

Dans la réalité, les choses ne se passent pas aussi régulièrement, en raison des variations inévitables de R et de Θ. Le lacet dû à l'action alternative de la vapeur ne saurait donc être un mouvement très régulier, mais son existence ne nous paraît pas contestable.

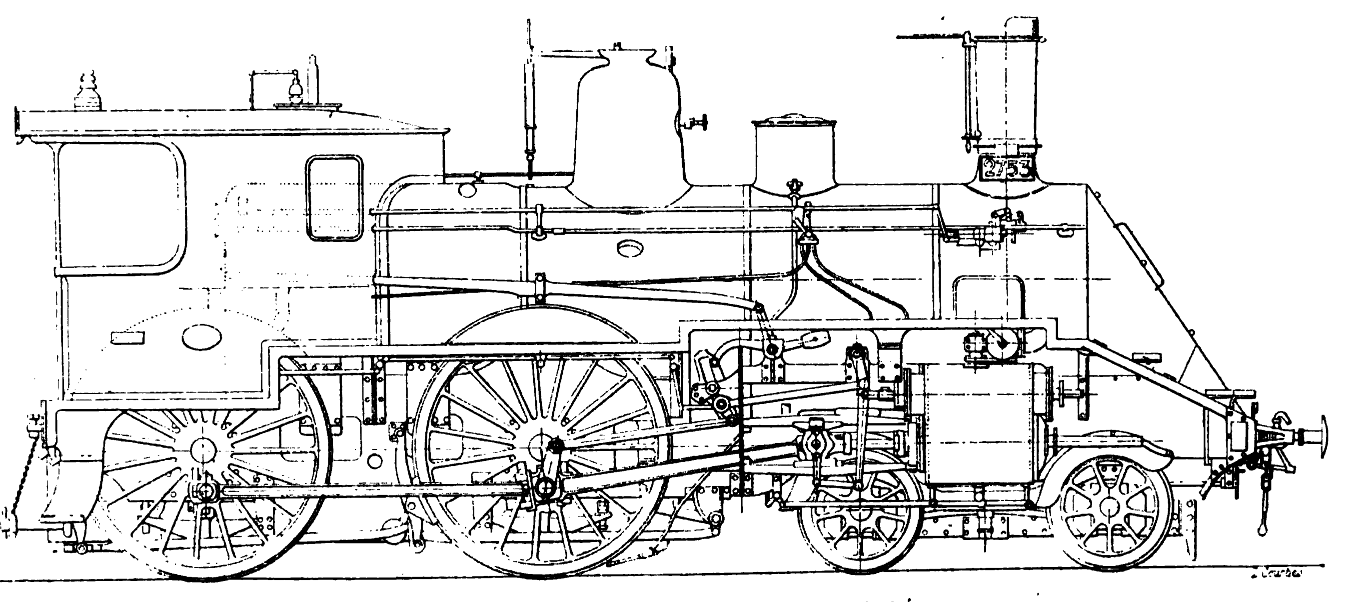
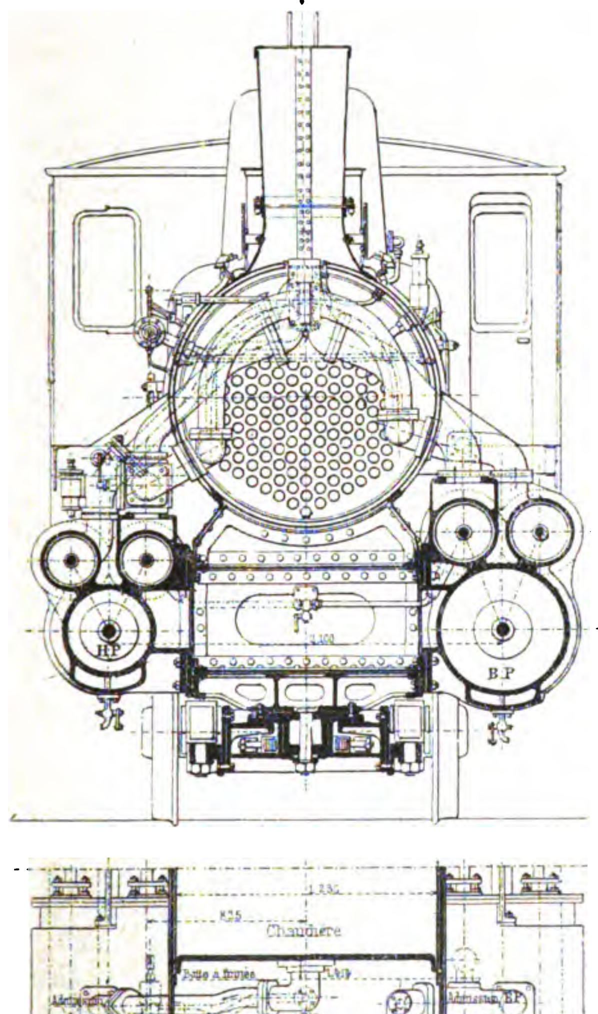


Fig. 92. — Locomotive compound à deux cylindres et à grande vitesse de l'État français (élévation).



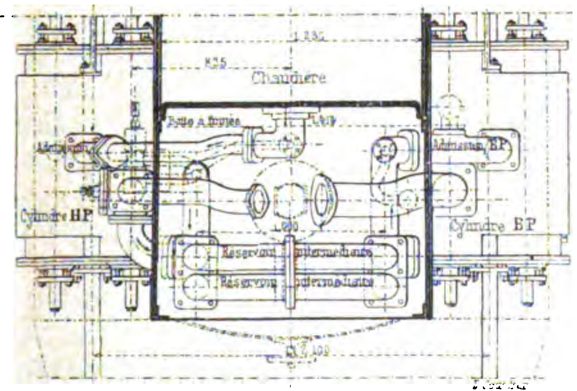


Fig. 93 et 94. — Locomotive compound à deux cylindres et à grande vitesse de l'État français (coupe transversale et plan).

dont les locomotives de M. Mallet furent autrefois l'objet et combien les inconvénients du système étaient disproportionnés aux avantages considérables qu'il assurait. Si la locomotive compound à deux cylindres est néanmoins abandonnée aujourd'hui, même dans les pays où elle s'était le plus répandue, si partout on lui substitue les locomotives à quatre cylindres et plus spécialement les locomotives à quatre cylindres du type français, c'est que les exigences du trafic réclament des engins de plus en plus puissants et que la locomotive à deux cylindres ne pouvait se prêter à un accroissement notable de sa puissance. Elle ne pouvait s'y prêter à cause des dimensions qu'il eût été nécessaire de donner à son cylindre de basse pression : au delà d'une certaine limite, rapidement atteinte, on est embarrassé pour le placer, pour lui donner des lumières d'admission et d'échappement d'une section suffisante, parfois même pour équilibrer convenablement l'excédent de poids du gros piston.

Bien entendu, tous ces inconvénients disparaissent lorsqu'il s'agit d'établir en compound des locomotives de puissance modérée, n'exigeant pas une vaporisation horaire normale de plus de 6 000 kg et pouvant, par suite, s'accommoder d'une grille n'excédant pas 2 m² ou 2,25 m² en superficie. Il existe donc toute une catégorie, d'ailleurs importante, de locomotives pour lesquelles le compoundage à deux cylindres constitue, non seulement une solution admissible, mais encore la solution la plus simple et la plus avantageuse. Il ne faut pas oublier, en effet, que de toutes les locomotives compound, c'est celle à deux cylindres qui offre à la vapeur le minimum de surfaces condensantes, que c'est encore celle à deux cylindres qui donne le meilleur rendement en travail effectif, que c'est enfin la machine à deux cylindres dont les réparations sont les moins onéreuses, notamment parce que, toutes choses égales d'ailleurs, le démontage des organes y est plus facile.

Aussi les compound à deux cylindres marquent-elles dans l'histoire du développement de la locomotive, entre les locomotives à simple expansion et à vapeur saturée et les locomotives compound à quatre cylindres, une étape des plus intéressantes. En franchissant cette étape, les Compagnies françaises prenaient l'avance sur l'étranger et se remettaient à la tête du progrès. Il est néanmoins permis de regretter qu'elles aient dû la franchir. Il n'est pas douteux, en effet, que, si elles avaient fait établir en compound à deux cylindres, suivant la formule alors admise à

l'étranger, toutes les locomotives construites de 1880 à 1890, et même 1892, sur des modèles qui commençaient à être surannés, elles disposeraient aujourd'hui, pour certains services secondaires, de moteurs à la fois plus puissants et plus économiques que ceux qu'elles seront naturellement conduites à affecter longtemps encore à ces services.

Certaines Compagnies ont pensé qu'il n'était pas trop tard pour combler partiellement cette lacune, en procédant par voie de transformation. C'est ainsi que, de 1899 à 1904, la Compagnie du Midi a successivement transformé en compound à deux cylindres, avec bissel à l'avant (type Mogul), vingt-six anciennes locomotives à six roues accouplées. Son exemple n'a pas tardé à être suivi par l'État français, le P.-L.-M. Algérien, l'Orléans, et, en dernier lieu par l'Est, qui vient de mettre en service trente locomotives ainsi transformées, bientôt suivies de vingt autres. La même transformation a été appliquée, mais sans addition d'essieu et sans allongement de la grille, à des locomotives à huit roues accouplées de la Compagnie du Midi, ainsi qu'à d'anciennes locomotives à grande vitesse à quatre roues accouplées du Midi, de l'Orléans et de l'État.

Locomotive compound a deux cylindres de l'État français.

C'est précisément une de ses locomotives à grande vitesse ainsi transformées que l'État faisait figurer l'an dernier à Liège. Pour celle-ci cependant, la formule de transformation comporte deux variantes. L'une concerne l'appareil de démarrage ; au type Midi, généralement adopté pour les autres locomotives transformées, on a substitué un appareil à échappement direct semblable à ceux de la plupart des locomotives françaises à quatre cylindres. L'autre, plus intéressante, concerne la distribution qui a subi une transformation plus complète par suite de l'application d'un échappement indépendant de l'admission.

Nous nous occuperons plus loin de cette distribution. Nous nous bornerons à faire remarquer ici que les deux mécanismes gouvernés par un changement de marche unique ne sont pas identiques. En donnant au bras B. P. de l'arbre de relevage une longueur plus grande qu'au bras H. P., en augmentant, d'autre part, du côté B. P. l'avance linéaire à l'admission aux dépens du recouvrement, on a réalisé au cylindre de basse pression des admissions supérieures, d'environ 10 0/0 de la course de piston,

aux admissions correspondantes du cylindre de haute pression. Le mécanisme de distribution de cette machine appartient, par suite, comme celui de la plupart des locomotives compound à deux cylindres à la catégorie des distributions liées à admissions différentielles.

Locomotives compound a quatre cylindres.

Les onze autres locomotives compound, pourvues de grilles de plus de 2 m² et, même, pour la plupart, de plus de 2,50 m² de superficie, présentaient toutes la disposition à quatre cylindres, seule compatible avec la puissance qu'on réclame aujourd'hui des locomotives et qu'on réclamera d'elles, de plus en plus, dans l'avenir. La marge que présente à ce point de vue la disposition à quatre cylindres est considérable. Elle permettra, en effet, de doubler la puissance maxima des locomotives compound à deux cylindres, d'utiliser, par suite, dans la mesure où nous utilisons actuellement les grilles de 2,50 m², des grilles de 4,50 m² à 5 m², à la seule condition de reporter à l'extérieur du châssis les cylindres de basse pression qu'on avait jusqu'ici, avec raison d'ailleurs, placés intérieurement aux longerons.

Commun à toutes les compound à quatre cylindres, cet avantage essentiel n'est cependant complet que lorsque les quatre cylindres actionnent quatre manivelles différentes. Lorsqu'on persiste à répartir entre deux manivelles seulement des efforts de plus en plus considérables, on est obligé de recourir à des organes de transmission de plus en plus robustes, de plus en plus lourds et de plus en plus difficiles à manier. Les masses animées de mouvements relatifs ne peuvent plus être équilibrées d'une manière satisfaisante sans qu'il en résulte pour la voie d'importantes surcharges, et les longerons sont soumis à des tensions qui croissent en raison directe des efforts développés dans les cylindres. Les organes naturellement plus légers des locomotives à quatre manivelles, en répartissant mieux les efforts et les masses, imposent aux longerons comme à la voie une fatigue sensiblement moindre. En particulier, lorsque les quatre manivelles sont portées, soit par un essieu moteur unique, soit par deux essieux distincts accouplés entre eux, le calage à 180 degrés des manivelles H. P. et B. P. permet d'établir entre les masses en translation un auto-équilibre partiel à la faveur duquel on peut se contenter sans aucun incon-

vénient de l'équilibre vertical pur et simple. Méconnue ou dédaignée de prime abord par la plupart des constructeurs de machines à quatre cylindres, cette facilité d'équilibrage est aujourd'hui considérée comme un des avantages essentiels du type français. Supprimer les contrepoids de l'équilibre horizontal, c'est, en effet, supprimer des surcharges importantes périodiquement infligées aux rails. Or, diminuer la fatigue spécifique de la voie, c'est la rendre apte à recevoir des moteurs plus puissants, c'est-à-dire capable d'un trafic plus intense.

Les critiques dont les systèmes à quatre cylindres et à quatre manivelles ont été l'objet, de l'autre côté de l'Atlantique surtout, visent leur complication et l'emploi obligatoire (sauf dans les machines à deux trains moteurs articulés) d'un essieu moteur coudé, c'est-à-dire d'une pièce coûteuse, sujette à de précoces fissures et pouvant, le cas échéant, grever lourdement les frais d'entretien de la machine. Sans doute, le doublement des attirails moteurs et distributeurs est, toutes choses égales d'ailleurs, une cause de multiplication des détresses. L'expérience montre cependant que les incidents attribuables à une défectuosité du mécanisme sont devenus relativement rares, grâce aux perfectionnements apportés à la construction et au graissage des organes. D'ailleurs, ils n'ont jamais constitué qu'une fraction assez faible du nombre total des détresses, dues, pour la plus grande part, à des défectuosités de la chaudière. L'expérience n'a pas justifié davantage les craintes que pouvait inspirer à certaines Administrations

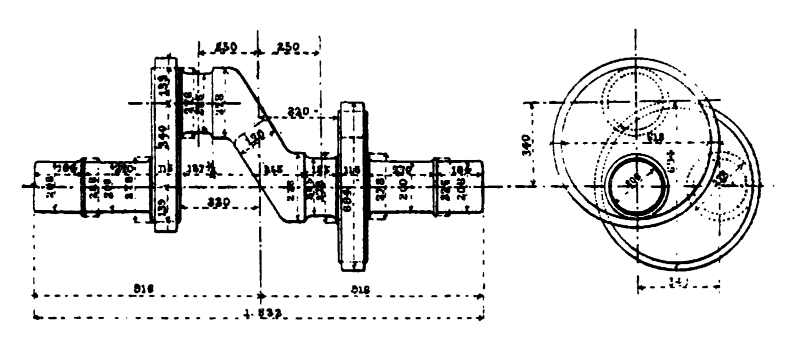


FIG. 95 et 96. — Essieu coudé de la locomotive à quatre cylindres égaux de l'État belge.

l'emploi des essieux coudés. La qualité des aciers employés à leur fabrication, le traitement qui leur est appliqué, notamment la trempe suivie d'un recuit, sans doute aussi dans une certaine

mesure la suppression assez fréquente d'un des bras de chaque vilebrequin, leur permettent de fournir couramment aujourd'hui des parcours de 600 000 km avant l'apparition d'une fissure. L'emploi des aciers chrome-nickel et la modification de forme très rationnelle proposée par M. Frémont seront vraisemblablement de nature à prolonger encore leur carrière.

Quoi qu'il en soit, les onze machines à quatre cylindres qui figuraient à Liège étaient toutes à quatre manivelles motrices. Ces quatre manivelles étaient portées :

Pour une machine, celle du type 19 de l'État belge, par un seul et unique essieu moteur ;

Pour une machine, celle à deux bogies moteurs de la Compagnie du Nord, par deux essieux indépendants ;

Pour les neuf autres machines, par deux essieux moteurs accouplés entre eux.

Des dix machines à train moteur unique, huit étaient à points morts concordants, les manivelles B. P. étant calées à 180 degrés des manivelles H. P. situées du même côté du plan méridien de la machine. Seules les locomotives du Nord belge et du Midi présentaient un calage de 162 degrés destiné à faciliter le démarrage.

De ces mêmes dix machines, sept avaient des cylindres B. P. intérieurs et des cylindres H. P. extérieurs. La disposition inverse était appliquée aux deux locomotives types 19 et 19 *bis* de l'État belge et à la machine à quatre essieux accouplés de la Compagnie du Midi.

Enfin, de ces mêmes dix machines, six avaient leurs cylindres extérieurs placés franchement à l'arrière de leurs cylindres intérieurs. Moins nettement accusée sur la locomotive de la Compagnie P.-L.-M., encore moins sur les deux locomotives types 19 et 19 *bis* de l'État belge, cette disposition disparaissait complètement sur la locomotive à quatre essieux accouplés de la Compagnie du Midi dont les quatre cylindres sont rigoureusement en batterie.

Le tableau XIII, relatif aux locomotives compound, montre que le rapport des volumes des cylindres $\frac{\text{B. P.}}{\text{H. P.}}$ — de 2,25 seulement pour les machines à deux cylindres de l'État français — oscille pour les machines à quatre cylindres entre 2,36 et 2,96. On remarquera sur le même tableau la constance relative, pour les

TABLEAU XIII

Locomotives compound.

NUMÉRO D'ORDRE DES MACHINES	ADMINISTRATIONS PROPRIÉTAIRES	TYPE	SURFACE de grille G	NOMBRE de cylindres n	DIAMÈTRE des CYLINDRES HP	DIAMÈTRE des CYLINDRES BP	COURSE des pistons	VOLUME engendré par un piston BP V	VOLUME total des cylindres BP par m² de grille $\frac{nV}{2G}$	RAPPORT des volumes des cylindres $\frac{HP}{BP}$	GENRE de l'appareil de démarrage	NATURE DES TIROIRS HP	NATURE DES TIROIRS BP	TYPE DES MÉCANISMES DE DISTRIBUTION HP	TYPE DES MÉCANISMES DE DISTRIBUTION BP	NOMBRE D'APPAREILS de changement de marche
13	État belge	Atlantic	3,08	4	360	600	640	180,933	117,5	2,78	III	Plans	Plans	Walschaerts	Walschaerts	2
16	Nord français . . .	—	2,70	4	340	560	640	157,632	114,226	2,71	III	Plans équilibrés	Plans	d°	d°	2
17	État français	2 ess. acc.	2 »	2	440	660	650	222,378	111,189	2,25	III	Cylindriques	Cylindriques	Walschaerts-Nadal	Walschaerts-Nadal	1
19	État belge	19	3,01	4	360	620	680	205,298	136,41	2,96	I	Cylindriques	Cylindriques	Renvoi du mécanisme B P	Walschaerts	1
20	État belge	19 bis	3,01	4	360	620	680	205,298	136,41	2,96	I	Cylindriques	Cylindriques	d°	d°	1
21	Nord belge.	3 ess. acc.	2,38	4	350	550	640	152,051	127,773	2,46	III	Plans	Plans	Walschaerts	d°	2
26	P.-L.-M	—	3 »	4	340	540	650	148,863	99,242	2,52	I	Cylindriques	Cylindriques	d°	d°	2
27	Ouest français . . .	—	2,45	4	350	550	640	152,051	124,123	2,46	III	Cylindriques	Cylindriques	d°	d°	2
28	P.-O.	—	3,10	4	360	600	640	180,933	116,743	2,78	III	Plans équilibrés	Plans	d°	d°	2
29	Est français	—	2,57	4	350	550	640	152,051	118,327	2,46	III	Cylindriques	Cylindriques	d°	d°	2
32	Midi français . . .	Consolidation	2,80	4	390	600	650	183,781	131,272	2,36	III	Plans	Plans	Stephenson	Walschaerts	2
33	Nord français . . .	2 bog. mot.	3 »	4	400	630	680	211,969	141,312	2,48	III	Plans équilibrés	Plans équilibrés	Walschaerts	Walschaerts	2

N. B. — Les deux locomotives de l'État belge types 19 et 19 *bis* sont à vapeur surchauffée.

machines d'une même catégorie, de la quantité $\frac{nV}{2G}$ qui représente la somme des volumes des cylindres B. P. rapportée à la surface de grille. Plus élevé, comme il convient, pour les locomotives à marche ordinairement lente (Midi, et Nord à deux bogies), également plus élevé pour les deux locomotives à vapeur surchauffée, ce dernier rapport ne s'écarte sensiblement de la moyenne fournie par les locomotives de même type qu'en ce qui concerne la locomotive à six roues accouplées de la Compagnie P.-L.-M.

Quatre mécanismes de distribution distincts gouvernés par un double appareil de changement de marche actionnent les quatre tiroirs de la plupart des locomotives compound à quatre cylindres. Seules les deux locomotives de l'État belge des types 19 et 19 *bis*, qui emploient de la vapeur surchauffée, n'ont reçu de chaque côté qu'un mécanisme de distribution unique, actionnant le tiroir extérieur B. P. directement, et le tiroir intérieur H. P. par l'intermédiaire d'un balancier de renvoi horizontal. Gouvernés par un seul appareil de changement de marche, ces deux mécanismes assurent à la haute et à la basse pression des admissions sensiblement égales, ne présentant qu'un écart de 2 à 3 0/0 en faveur des grands cylindres. On sait que l'égalité des admissions est une solution admissible, lorsque le rapport des volumes des cylindres a, comme dans l'espèce, une valeur élevée.

Quoique gouvernés par deux appareils de relevage distincts, les mécanismes de distribution H. P. et B. P. de la locomotive de la Compagnie P.-L.-M. ne sont cependant pas manœuvrables indépendamment l'un de l'autre. L'admission ne peut varier au gré du mécanicien qu'aux cylindres H. P. Aux cylindres B. P., elle conserve, comme dans les anciennes machines à trois cylindres de M. Webb, une valeur constante et égale à sa valeur maxima.

Appareils de démarrage.

Bien que les appareils de démarrage ne soient indispensables, en principe, qu'aux locomotives compound à deux cylindres, les locomotives compound à quatre cylindre sont presque toujours pourvues de dispositifs destinés à faciliter leur mise en marche. Toutefois, ces dispositifs ont pour but de permettre au mécanicien d'accélérer la mise en vitesse de son train plutôt que de

donner à sa machine une première impulsion. Toutes les locomotives compound exposées à Liège avaient été pourvues d'appareils de ce genre.

Pour la plupart d'entre elles, ils comprenaient :

1° Un ou deux robinets à lanterne généralement dénommés *obturateurs* et permettant de diriger à volonté, soit dans le réservoir intermédiaire, soit dans la cheminée, la vapeur échappée des cylindres de haute pression ;

2° Un servo-moteur à vapeur ou à air comprimé permettant d'actionner les obturateurs ;

3° Un appareil de prise de vapeur directe permettant d'envoyer de la vapeur vive à pression réduite au réservoir.

L'emploi de ces appareils permet de réaliser quatre fonctionnements différents des machines à quatre cylindres :

1° Fonctionnement habituel en compound ;

2° Fonctionnement en machines indépendantes, à simple expansion, pour le démarrage ;

3° Fonctionnement avec les petits cylindres seuls, en cas d'avarie, à la basse pression ;

4° Fonctionnement avec les grands cylindres seuls, en cas d'avarie à la haute pression.

Appliqués à la machine compound à deux cylindres de l'État français, où ils sont nécessairement d'un emploi plus fréquent, ces appareils ont été conjugués entre eux, tous les trois, afin que le fonctionnement en machine indépendante puisse être établi par la manœuvre d'une seule manette, celle du servomoteur.

Sur la locomotive de la Compagnie de l'Ouest, les obturateurs à lanterne ont été remplacés, de chaque côté de la machine, par deux tiroirs, mobiles tous deux sur des tables cylindriques, et actionnés par un même arbre commandé par le servo-moteur. Le principe est le même, l'exécution seule diffère.

Grâce à des admissions prolongées aux cylindres H. P. de la locomotive de la Compagnie P.-L.-M., on a pu réaliser des moments moteurs au démarrage assez grands pour qu'un dispositif à échappement direct ait été jugé inutile. On s'est contenté d'un robinet de prise de vapeur à la main du mécanicien, permettant d'envoyer de la vapeur vive au réservoir.

Une formule analogue a été appliquée aux deux locomotives types 19 et 19 *bis* de l'État belge. L'admission directe au réservoir se fait automatiquement à l'aide d'une valve à pistons diffé-

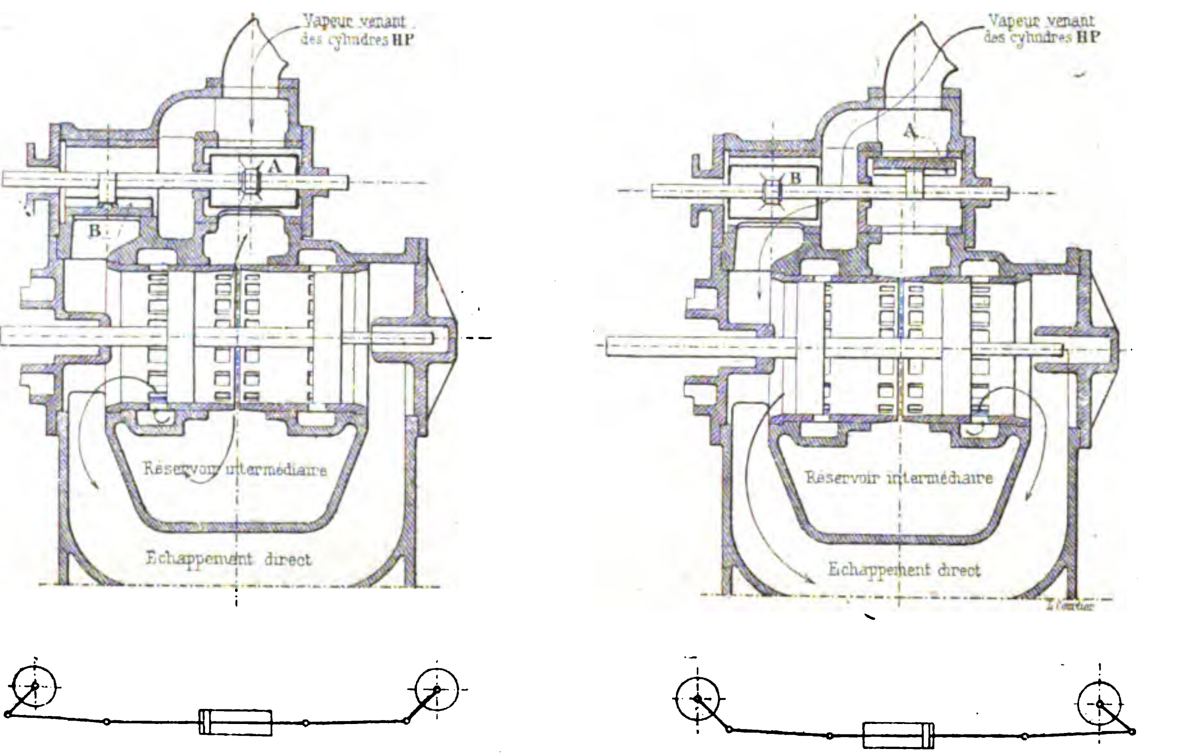


Fig. 97 à 100. — Appareil de démarrage de la locomotive à six roues accouplées de la Compagnie de l'Ouest.

rentiels logée dans la boite à fumée et distribuant la vapeur vive aux cylindres B. P. tant que la pression à l'admission n'y atteint pas 6 atmosphères. Mais le fonctionnement de la valve de démarrage peut être arrêté au moyen d'un levier à disposition du mécanicien.

M. von Borries classait les divers appareils de démarrage en trois genres, selon que par leur fonctionnement la communication des cylindres H. P. avec les cylindres B. P.

1° N'est à aucun moment interrompue ;

2° Peut être interrompue pendant un temps limité ;

3° Peut être interrompue pendant un temps indéterminé.

On voit que les appareils appliqués aux locomotives de la Compagnie P.-L.-M. et des types 19 et 19 *bis* de l'État belge sont du premier genre. Toutes les autres machines compound ont reçu des appareils du troisième genre.

Quant aux appareils du deuxième genre qui comprenaient les appareils de démarrage automatiques, ils sont abandonnés aujourd'hui et aucune des machines exposées à Liège n'en était pourvue.

Locomotives à vapeur surchauffée.

La première locomotive de ce genre qui ait figuré dans une exposition fut envoyée à Paris, en 1900, par la maison Borsig, de Berlin. Cinq ans plus tard, à Liège, les constructeurs belges en exposaient huit. L'État prussien, qui fut le berceau de la surchauffe appliquée aux locomotives, comptait approximativement en 1905, sept ans seulement après les premiers essais, trois cent quatre-vingt locomotives à vapeur surchauffée, en service ou en construction. Si nous sommes bien renseigné, quatre cents autres ont été commandées en 1906, en exécution d'un engagement récemment contracté pour l'application de la surchauffe à un minimum de deux cents locomotives par an pendant une période de six ans. Enfin, MM. Asselin et Collin (1) nous apprennent que la question de la surchauffe est à l'ordre du jour en Amérique et que dès la fin de 1905, le Canadian Pacific Railway possédait plus de cent machines munies de surchauffeurs.

La fortune de la surchauffe, si rapide à ses débuts, sera-t-elle

(1) *Revue générale des Chemins de fer*. Notes de voyage en Amérique.

aussi complète et aussi durable, voire plus complète et plus durable, que celle de la double expansion ? Les avis sur ce point sont partagés.

Certains Ingénieurs, notamment en Allemagne, pensent que la surchauffe doit se suffire à elle-même et supplanter le compoundage. Opinion hardie, plus difficile à soutenir, semble-t-il, depuis que ces mêmes Ingénieurs, qui voyaient dans l'emploi de la surchauffe un moyen de revenir à la construction simple de l'ancienne locomotive à deux cylindres, ont reconnu qu'en tout état de cause l'emploi de quatre cylindres s'imposera dans l'avenir.

D'autres sont d'avis que loin d'entrer en lutte l'un avec l'autre, le compoundage et la surchauffe se complèteront mutuellement ; que, dans ces conditions, il suffira d'une surchauffe modérée, d'autant plus modérée qu'elle pourra être fractionnée comme déjà sont fractionnées la détente totale et la chute de température correspondante.

Enfin, pour d'autres Ingénieurs, le succès de la surchauffe a été jusqu'ici trop rapide pour être durable et il ne faut y voir qu'un engouement passager dont on reviendra. Envisageant uniquement la machine à quatre cylindres, ils estiment que la surchauffe seule, sans être plus économique que la double expansion, est plus encombrante, plus coûteuse d'installation et d'entretien, d'un fonctionnement moins régulier. Cumulée avec le compoundage, elle ne procurerait qu'un supplément d'économie trop faible pour compenser ses inconvénients.

Le principe, on le voit, n'est pas en cause. Si les pronostics diffèrent, c'est qu'on n'est encore d'accord ni sur le quantum de l'économie que peut procurer la surchauffe, ni sur l'importance réelle des difficultés d'application auxquelles elle se heurte en pratique, difficultés que n'avait pas rencontrées le compoundage.

Si on laisse en effet de côté l'avantage essentiel, commun aux deux systèmes, qui est de remédier au défaut d'adiabaticité des parois des cylindres, le compoundage se présentait à nous suivi de tout un cortège d'avantages accessoires, tels que : moindre fatigue des organes moteurs, moindre pression sur le dos des tiroirs, meilleure utilisation des espaces morts, pertes de travail moindres occasionnées par les défauts d'étanchéité des pistons et des tiroirs, moindre laminage de la vapeur, possibilité de réaliser des détentes prolongées avec des distribution

à tiroir unique, moment moteur plus constant et meilleure utilisation du poids adhérent.

Rien de tout cela avec la surchauffe qui se présente à nous, tout au contraire, suivie d'un cortège de difficultés qui ne semblent pas avoir reçu toutes, jusqu'ici, une solution suffisamment pratique. D'abord, il faut trouver l'emplacement du surchauffeur : trop près du foyer, il sera soumis à des coups de feu qui le brûleront rapidement; trop loin, il ne produira qu'une surchauffe insuffisante. Il faut aussi qu'il soit étanche : or, aux températures de 750 à 800 degrés, auxquelles il est soumis, les joints sont difficiles à tenir, d'autant plus difficiles que la vapeur surchauffée est extrêmement fluide. Il faut que le mécanicien puisse en régler le fonctionnement, suivant les circonstances. Enfin, un bon surchauffeur doit pouvoir être facilement visité et entretenu. D'autre part, l'étanchéité et la lubrification des organes moteurs et distributeurs qui se meuvent au contact de la vapeur surchauffée sont bien moins faciles à assurer que lorsqu'on a affaire à de la vapeur saturée.

Historique sommaire de la surchauffe appliquée aux locomotives. Surchauffeur primitif de M. Schmidt.

C'est M. Schmidt, de Wilhelmshoehe, qui le premier osa affronter ces difficultés. Appliqué en 1898 à deux locomotives à quatre roues accouplées, construites l'une à Stettin aux Ateliers Vulcan, l'autre à Cassel chez Henschel et fils, son premier surchauffeur était logé dans un gros tube de 45 cm de diamètre qui reliait à la boite à fumée la partie supérieure du foyer. Ce tube-enveloppe, qui réduisait de près d'un tiers la surface de chauffe tubulaire, faisait saillie dans la boite à fumée et son extrémité antérieure servait de support à deux collecteurs annulaires, l'un de vapeur saturée, alimenté par la chaudière, l'autre de vapeur surchauffée alimentant les cylindres. Les deux collecteurs étaient mis en communication par le surchauffeur proprement dit constitué par une série de tubes en U, presque aussi longs que le tube-enveloppe, dans lequel ils étaient placés de manière à former une sorte de faisceau annulaire. Ces tubes en U étaient formés de parties droites vissées dans une calotte en acier moulé. Un noyau cylindrique placé dans l'axe du faisceau obligeait les gaz chauds à circuler dans le voisinage immédiat des éléments surchauffeurs. Ces gaz s'échappaient ensuite

dans la boîte à fumée par des ouvertures latérales, pratiquées dans la partie en saillie du tube-enveloppe et qu'un registre annulaire permettait d'obturer plus ou moins. Malgré la précaution qu'on avait prise de rétreindre fortement le tube-enveloppe à son extrémité postérieure, l'arrière des tubes en U se

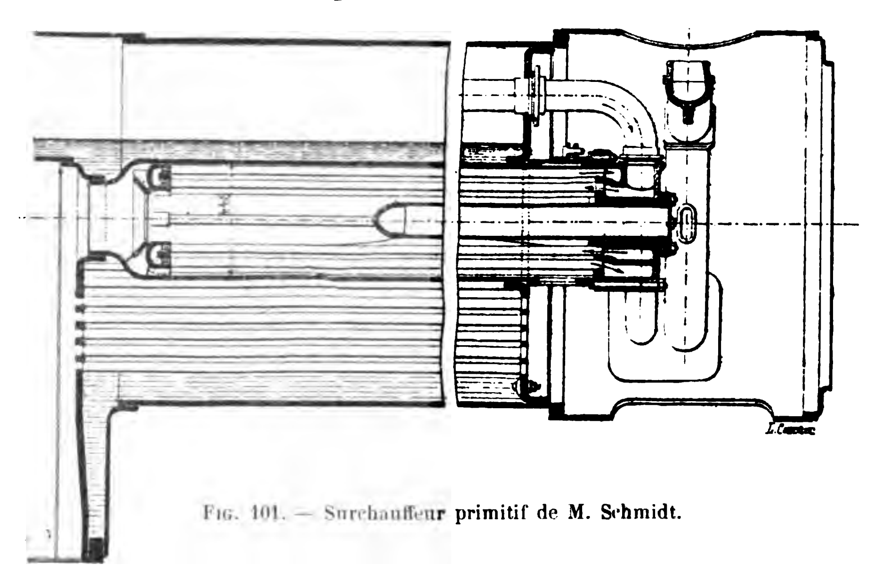
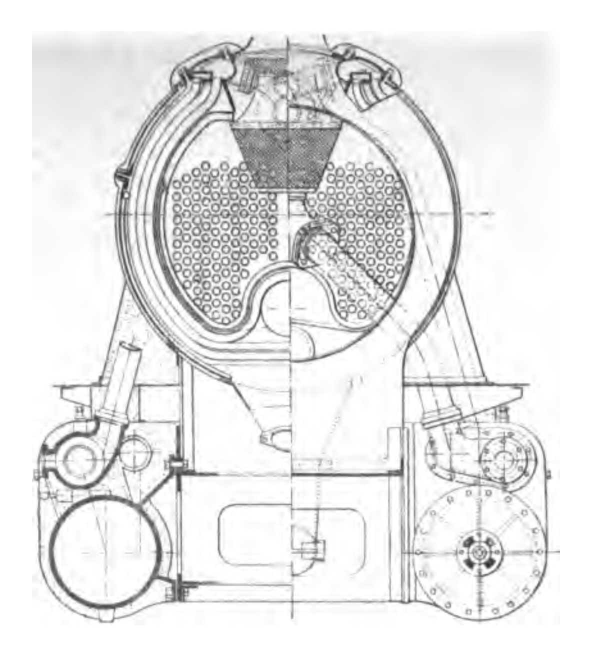


Fig. 101. — Surchauffeur primitif de M. Schmidt.

brûlait rapidement et l'étanchéité des joints des parties droites avec les calottes laissait beaucoup à désirer. Les détresses étaient fréquentes. En outre, l'appareil se remplissait d'escarbilles qui en paralysaient le fonctionnement et dont l'élimination n'était pas facile.

Deuxième type de surchauffeur de M. Schmidt.

En présence de ces inconvénients, on résolut de transporter le surchauffeur dans la boîte à fumée, non pour le faire bénéficier de la chaleur perdue des gaz sur laquelle M. Schmidt n'a jamais compté pour réaliser une surchauffe appréciable, mais uniquement pour le mettre à l'abri des coups de feu. Le gros tube fut donc conservé, mais, son rôle étant limité à celui d'adducteur de gaz chauds, il fut placé à la partie inférieure du corps cylindrique et son diamètre fut réduit de 45 à 30 cm environ, ce qui permit, accessoirement, de sacrifier un nombre moindre de tubes à fumée. Deux collecteurs de vapeur de forme allongée, disposés suivant des génératrices de la boîte à fumée, furent pla-



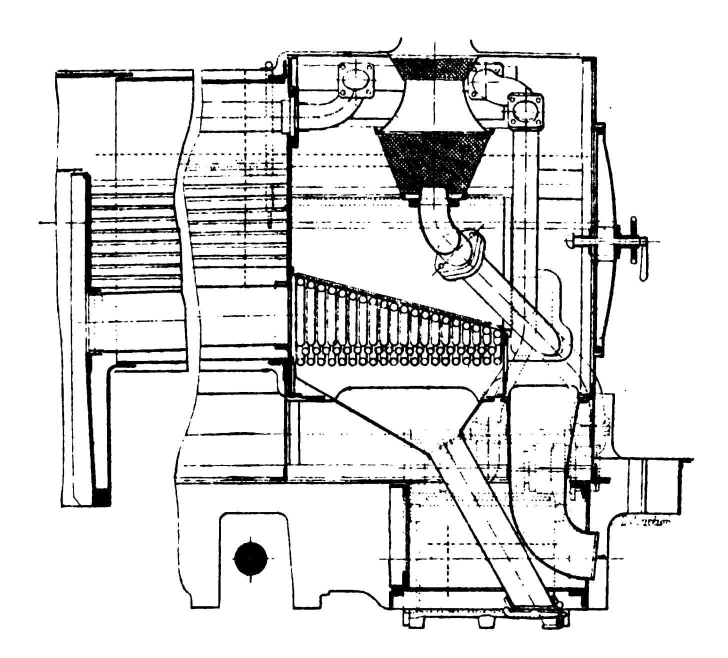


Fig. 102 et 103. — Deuxième type de surchauffeur de M. Schmidt.

cés, l'un à droite, l'autre à gauche de la cheminée, et réunis par une soixantaine de tubes surchauffeurs de 30 mm de diamètre intérieur, tapissant la paroi interne de la boite à fumée et formant trois rangées concentriques. L'un des collecteurs est divisé, par une cloison transversale médiane, en deux compartiments dont l'un, celui d'arrière, communique avec la chaudière, l'autre avec les cylindres. La vapeur saturée, admise dans le compartiment arrière, parcourt d'abord dans un sens la moitié des éléments surchauffeurs pour se rendre dans l'autre collecteur. De là elle revient, surchauffée, dans le compartiment avant du premiercollecteur après avoir parcouru dans l'autre sens l'autre moitié desdits éléments. Ceux de la rangée intérieure sont contre-coudés dans leur région médiane de manière à former une gaine en prolongement du tube adducteur, et une enveloppe générale en tôle, qui recouvre tout le faisceau, oblige les gaz amenés par ce tube à lécher les parois des éléments surchauffeurs.

Le réglage de la surchauffe est obtenu à l'aide de registres permettant d'ouvrir plus ou moins les fenêtres par lesquelles les gaz s'échappent de l'enveloppe générale intérieure. Ces registres sont à la disposition du mécanicien, mais leurs organes de manœuvre sont conjugués avec ceux du souffleur de telle sorte que, lorsque ce dernier fonctionne, le surchauffeur est condamné. Les tubes surchauffeurs des deux rangées extérieures qui passent au-dessous du carneau du tube adducteur présentent entre eux des intervalles assez larges pour permettre aux escarbilles entraînées par les gaz de se déposer dans une caisse étanche, placée au-dessous de la boite à fumée, et d'où elles peuvent être facilement extraites. Deux souffleurs placés à droite et à gauche et alimentés d'air comprimé permettent, en outre, d'évacuer les cendres qui s'accumulent dans les parties latérales du surchauffeur. Enfin, un pyromètre à mercure indique au mécanicien, par le moyen d'une aiguille mobile sur un cadran, la température de la vapeur surchauffée au sortir du collecteur.

L'appareil que nous venons de décrire fut appliqué à deux autres machines à grande vitesse construites l'une aux usines Vulcan, l'autre chez Borsig et dont la seconde a figuré à l'Exposition de 1900. Son emploi s'est généralisé depuis en Allemagne, bien que son fonctionnement ait encore donné lieu à certaines critiques. En premier lieu, le joint du tube adducteur avec la plaque tubulaire de foyer est difficile à tenir étanche et consti-

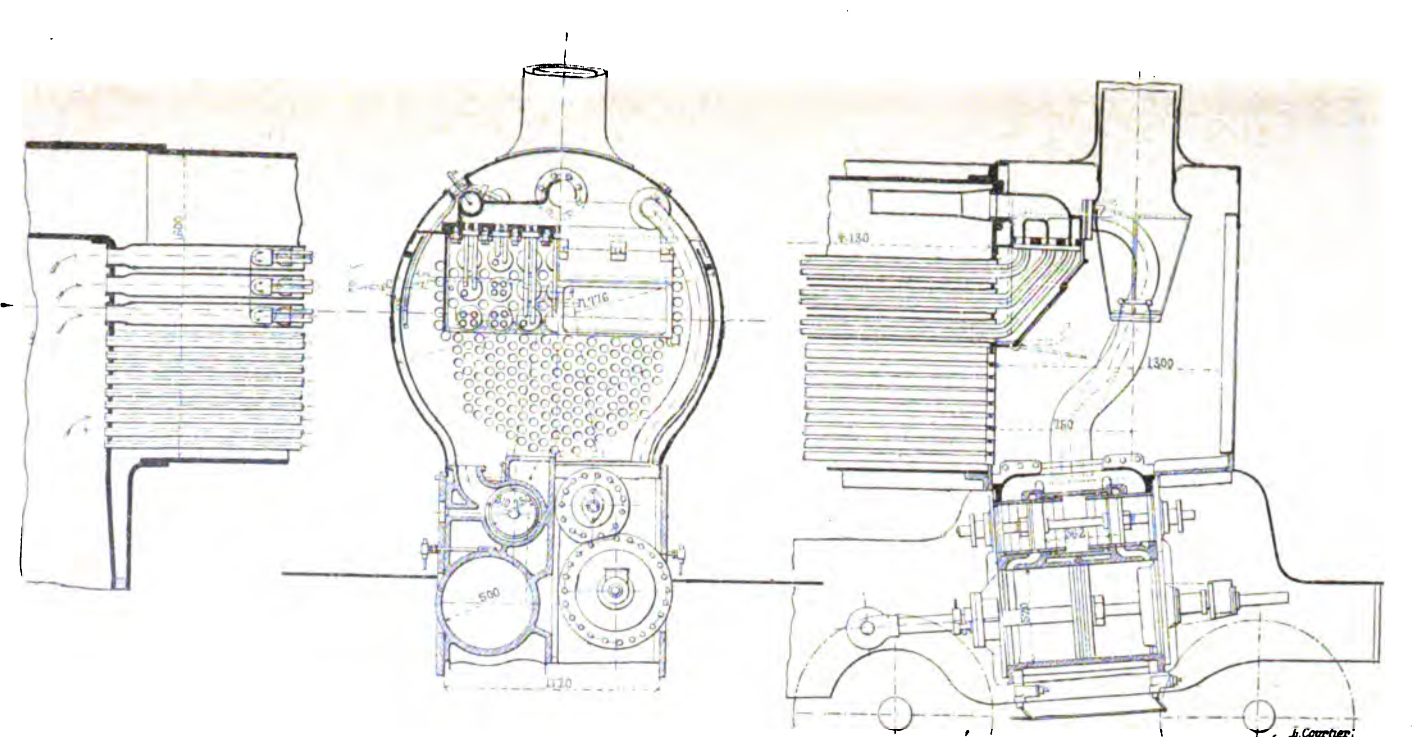


Fig. 104 à 106. — Troisième type de surchauffeur de M. Schmidt (locomotive type 35 de l'État belge).

tue un point faible de la chaudière. Des détresses ont également été occasionnées par des tubes surchauffeurs qui se sont dessertis des collecteurs. La température de la vapeur qui doit, autant que possible, se tenir au-dessus de 300 degrés se maintient difficilement à ce chiffre lorsque la dépense de vapeur est considérable. Enfin, le 1er octobre 1902, il s'est produit dans la station de Wannsee un accident très grave, dû à un retour de flamme par le tube adducteur, et dont les causes n'ont jamais été bien déterminées.

Troisième type de surchauffeur de M. Schmidt.

Ces critiques ont conduit M. Schmidt à revenir au système des tubes en U. Mais, au lieu de les grouper dans un gros tube-enveloppe, il les répartit entre un certain nombre de tubes à fumée de gros diamètre (127 à 130 mm) à raison de deux tubes en U par tube à fumée. Ces derniers sont généralement au nombre de vingt à vingt-cinq et forment les trois rangées supérieures du faisceau tubulaire. Les tubes en U sont infléchis à l'avant et aboutissent par leurs deux extrémités à deux collecteurs, l'un de vapeur saturée, l'autre de vapeur surchauffée qu'ils font communiquer entre eux. Ces collecteurs sont fixés contre la plaque tubulaire de la boite à fumée dans la région située au-dessus du faisceau tubulaire. La partie infléchie des tubes est enfermée dans une boite métallique dont les collecteurs constituent le

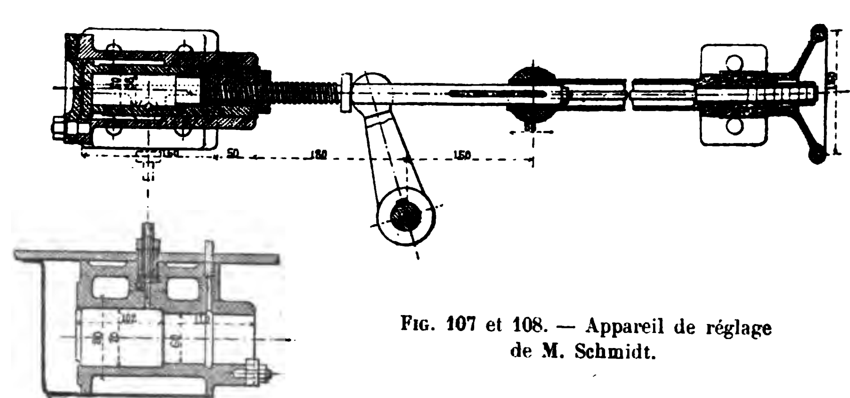


Fig. 107 et 108. — Appareil de réglage de M. Schmidt.

plafond et dont la paroi antérieure est formée de persiennes mobiles permettant de régler ou de supprimer l'afflux de gaz chauds par les tubes. Tant que le régulateur est ouvert, un petit

piston à vapeur maintient les persiennes ouvertes, dans la mesure désirée par le mécanicien, qui à l'aide d'une tringle filetée et d'un volant règle la course du piston à son gré (*fig. 107 et 108*). Mais, quand le mécanicien ferme le régulateur, les persiennes s'abaissent en vertu de leur propre poids et arrêtent ainsi le fonctionnement du surchauffeur.

Sensiblement moins longs que les tubes à fumée, les tubes surchauffeurs sont, d'une part, moins exposés aux coups de feu que dans le système primitif, alors que, d'autre part, ils permettent de porter la vapeur à une température plus élevée que s'ils étaient placés dans la boite à fumée. On obtient couramment de 300 à 350 degrés.

Surchauffeurs des locomotives de l'État belge.

Ce dernier type de surchaufféur est celui qui a été appliqué aux six locomotives à vapeur surchauffée et à simple expansion qui figuraient à l'Exposition de Liège. Toutefois, sur ces six machines, les persiennes sont remplacées par un volet dont la manœuvre, au lieu d'être automatique, est laissée entièrement à la disposition du mécanicien.

Surchauffeurs Cockerill.

Les deux locomotives à vapeur surchauffée et à double expansion ont été pourvues de surchauffeurs spécialement étudiés par la maison Cockerill en vue des essais que l'Administration de l'État belge a entrepris sur l'emploi simultané de la surchauffe et des détentes fractionnées.

Celui qui a été appliqué à la locomotive n° 3304 du type 19 ne permet de surchauffer la vapeur qu'à l'entrée des cylindres de basse pression. Il est logé dans trente gros tubes à fumée de 100/107 mm de diamètre disposés symétriquement par groupes de quinze de part et d'autre du plan méridien de la machine et comprend quatre collecteurs distincts. Il y en a deux pour chaque groupe de quinze tubes à fumée : l'un, intérieur à la chaudière, est situé dans le voisinage de la plaque tubulaire de foyer, l'autre, tout à l'avant de la boite à fumée. Les deux collecteurs de chaque groupe sont réunis par quarante-cinq tubes surchauffeurs, entièrement rectilignes, placés par faisceaux de trois dans les quinze tubes à fumée. Un tuyau placé dans le ré-

servoir de vapeur de la chaudière met en communication les deux collecteurs d'arrière. Ceux-ci sont nécessairement traversés par les gaz chauds qui y pénètrent par deux groupes de six orifices — six par collecteur — raccordés, par des bouts de tube, à six trous correspondants de la plaque tubulaire. Le trajet de la vapeur est le suivant : des cylindres de haute pression, elle se rend à l'un des collecteurs situés dans la boite à fumée — celui de gauche — puis elle traverse successivement d'avant en arrière les quarante-cinq tubes surchauffeurs du groupe de gauche, de gauche à droite le tuyau de communication des collecteurs d'arrière, enfin d'arrière en avant les quarante-cinq tubes surchauffeurs du groupe de droite. Du collecteur antérieur

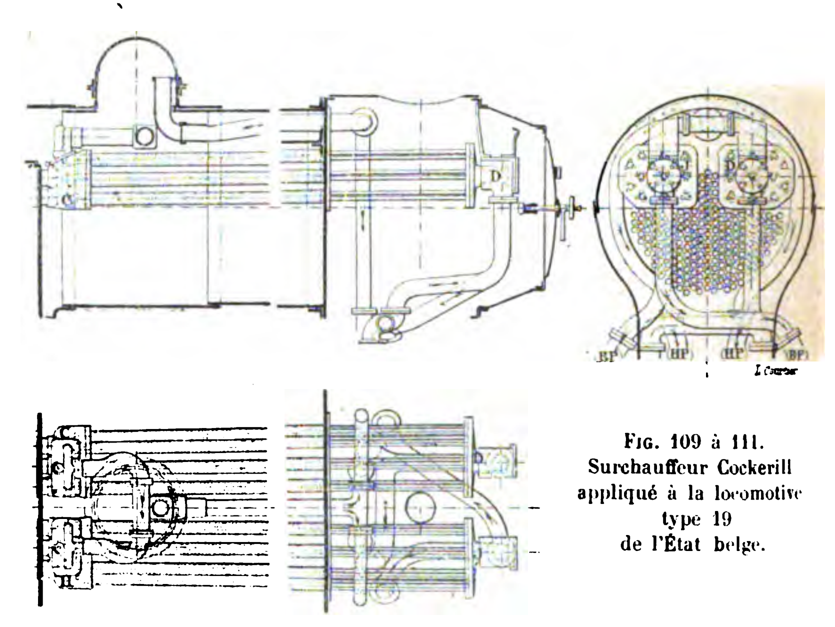


Fig. 109 à 111.
Surchauffeur Cockerill appliqué à la locomotive type 19 de l'État belge.

de droite, elle se dirige ensuite dans les boites à vapeur des cylindres de basse pression.

Le surchauffeur appliqué aux locomotives du type 19 *bis* peut fonctionner comme le précédent; mais il permet de surchauffer en outre, si on le désire, la vapeur admise aux cylindres de haute pression. C'est un appareil d'essai destiné à rechercher expérimentalement s'il est plus avantageux avec une locomotive compound à quatre cylindres de surchauffer la vapeur à l'entrée de chacun des deux groupes de cylindres, ou seulement à l'entrée des cylindres de basse pression.

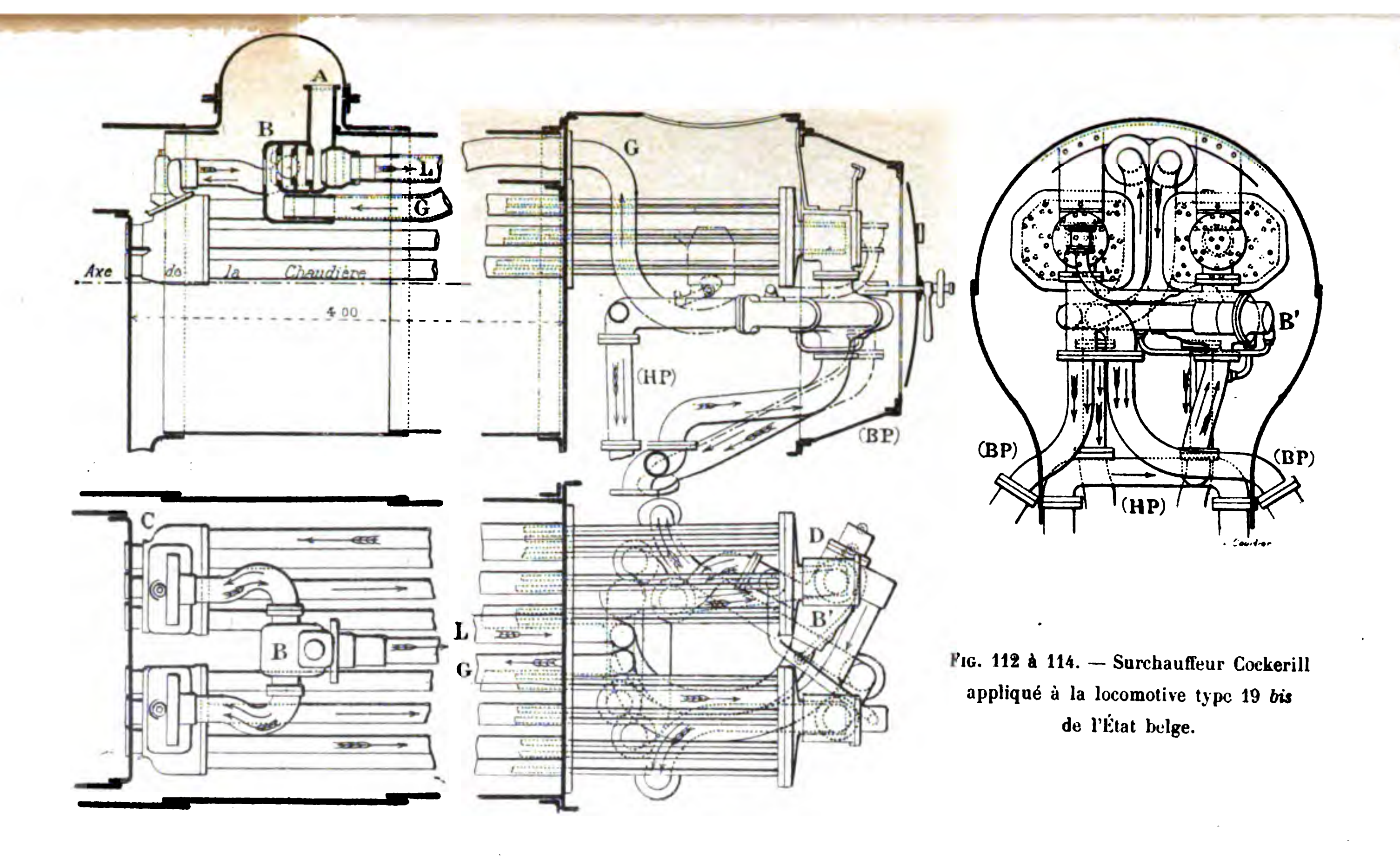


FIG. 112 à 114. — Surchauffeur Cockerill appliqué à la locomotive type 19 *bis* de l'État belge.

Composé des mêmes éléments essentiels que celui de la locomotive 3304, il comporte, en outre :

1° Une valve à trois pistons B placée à l'intérieur de la chaudière, manœuvrable de la plate-forme du mécanicien et à laquelle aboutissent :

La prise de vapeur A commandée par le régulateur;

Le tuyau de communication des collecteurs d'arrière;

Un tuyau de prise de vapeur directe L des cylindres H. P.;

Un tuyau de retour G des cylindres H. P.;

2° Une deuxième valve à fonctionnement automatique B', placée dans la boîte à fumée et à laquelle aboutissent :

Le tuyau de prise de vapeur directe des cylindres H. P.;

Les tuyaux de distribution de vapeur aux cylindres H. P.:

Les tuyaux d'échappement des cylindres H. P.;

Le tuyau de retour des cylindres H. P.;

Un tuyau de jonction avec le collecteur antérieur de gauche.

Supposons qu'on veuille réaliser la surchauffe à l'entrée des cylindres H. P. et à l'entrée des cylindres B. P. Dans cette hypothèse, la vapeur se rend du régulateur A, par la valve intérieure B, au collecteur arrière de gauche C. Elle traverse successivement (flèches non barbelées) le groupe surchauffeur de gauche, le collecteur antérieur de gauche, la valve automatique B' et les cylindres H. P. De là, elle revient par la valve automatique et le tuyau de retour G à la valve intérieure, d'où elle se dirige vers le collecteur arrière de droite pour traverser ensuite successivement le groupe surchauffeur de droite, le collecteur antérieur de droite et les cylindres de basse pression.

Dans la deuxième hypothèse, lorsque tout l'appareil est utilisé à la surchauffe de la vapeur échappée des cylindres H. P., la vapeur issue du régulateur est dirigée, par la valve intérieure, dans le tuyau de prise de vapeur directe L des cylindres H. P. De là elle passe par la valve automatique pour se rendre aux cylindres H. P., revient à la valve automatique et traverse successivement (flèches barbelées) le collecteur antérieur de gauche, le groupe surchauffeur de gauche, les deux collecteurs d'arrière, le groupe surchauffeur de droite et le collecteur antérieur de droite, d'où elle se rend enfin aux cylindres de basse pression.

La complication de cet appareil résulte surtout de l'emploi de deux valves dont l'une est intérieure à la chaudière. Lorsqu'on sera fixé sur le mode d'emploi le plus avantageux des deux

groupes surchauffeurs, ces deux valves disparaîtront ainsi qu'une partie des tuyaux qui encombrent la boîte à fumée.

Surface de chauffe des surchauffeurs des locomotives belges.

Quant aux surfaces de chauffe de ces divers surchauffeurs, on les trouvera indiquées dans la colonne 6 du tableau XIV, relatif aux principaux éléments du mécanisme des huit locomotives à vapeur surchauffée de l'État belge. Nous avons donné dans le même tableau les valeurs des rapports :

$\frac{S}{G}$ surface de surchauffe par mètre carré de grille ;

$\frac{S}{C}$ surface de surchauffe par mètre carré de chauffe ;

$\frac{nV}{S}$ volume final de la vapeur consommée par demi-tour de roue et par mètre carré de surchauffe.

La constance relative du second de ces rapports semble indiquer que c'est la surface de chauffe de la chaudière qui a servi de base à la détermination de la surface de chauffe à donner au surchauffeur. De là les valeurs très différentes les unes des autres trouvées pour les deux autres rapports, dont le dernier est déjà fortement influencé, d'ailleurs, par l'inconstance relative du rapport $\frac{nV}{G}$.

Surchauffeurs Pielock et Slucki, Notkin et Cole.

Pendant que M. Schmidt créait son troisième type de surchauffeur, un autre Ingénieur allemand, M. Pielock, et un Ingénieur polonais, M. Slucki, imaginaient, chacun de son côté, un appareil de surchauffe pour locomotive remarquable par sa simplicité. Il se compose d'une caisse parallélipipédique noyée dans le corps cylindrique et dont deux faces opposées sont traversées par tout le faisceau tubulaire. Cette caisse est surmontée de deux tuyaux verticaux, dont l'un débouche librement dans le dôme, tandis que l'autre qui porte le régulateur conduit la vapeur aux cylindres. Des chicanes en tôle mince obligent la vapeur à suivre dans le surchauffeur un trajet sinusoïdal. M. Slucki a recours, en outre, à des entretoises longitudinales pour obliger la vapeur à lécher de plus près les tubes à fumée dans la

TABLEAU XIV.

Locomotives à vapeur surchauffée.

NUMÉROS d'ordre des machines	ADMINISTRATION PROPRIÉTAIRE	TYPE	SURFACE de grille G	SURFACE de chauffe de la chaudière C	SURFACE de chauffe extérieure du surchauffeur S	$\frac{S}{G}$	$\frac{S}{C}$	CYLINDRES À ÉCHAPPEMENT DIRECT — NOMBRE n	DIAMÈTRE	COURSE du piston	VOLUME engendré par le piston V	RAPPORT $\frac{nV}{G}$	RAPPORT $\frac{nV}{S}$	NATURE des TIROIRS	TYPE du mécanisme de distribution
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
			m²	m²	m²				mm	mm	d³				
								1°. — *A simple expansion.*							
12	État Belge . . .	18	2,07	102,11	24,51	11,84	0,24	2	500	660	129,591	125,17	10,57	Cylindriques	Stephenson et rockingshaft
13	d°	15	2,52	80,87	16,98	6,73	0,21	2	478	610	109,464	86,87	12,89	d°	d°
18	État Belge . . .	à 4 cyl. égaux	3,01	155,75	38,95	12,94	0,25	4	435	610	90,658	120,47	9,31	d°	Walschaerts et double renvoi
22-23	d°	35	2,84	144,96	33,10	11,65	0,23	2	520	660	140,164	98,70	8,46	d°	Stephenson et rockingshaft
25	d°	32	2,52	96,13	21,51	8,53	0,22	2	500	660	129,591	102,85	12,04	d°	d°
								2°. — *A double expansion (4 cylindres).*							
19	État Belge . . .	19	3,01	174,53	41,50	13.78	0,23	2	620	680	205,298	136,41	9,89	d°	Walschaerts et renvoi
20	d°	19 *bis*	3,01	175,97	41,50	13.78	0,23	2	620	680	205,298	136,41	9,89	d°	d°

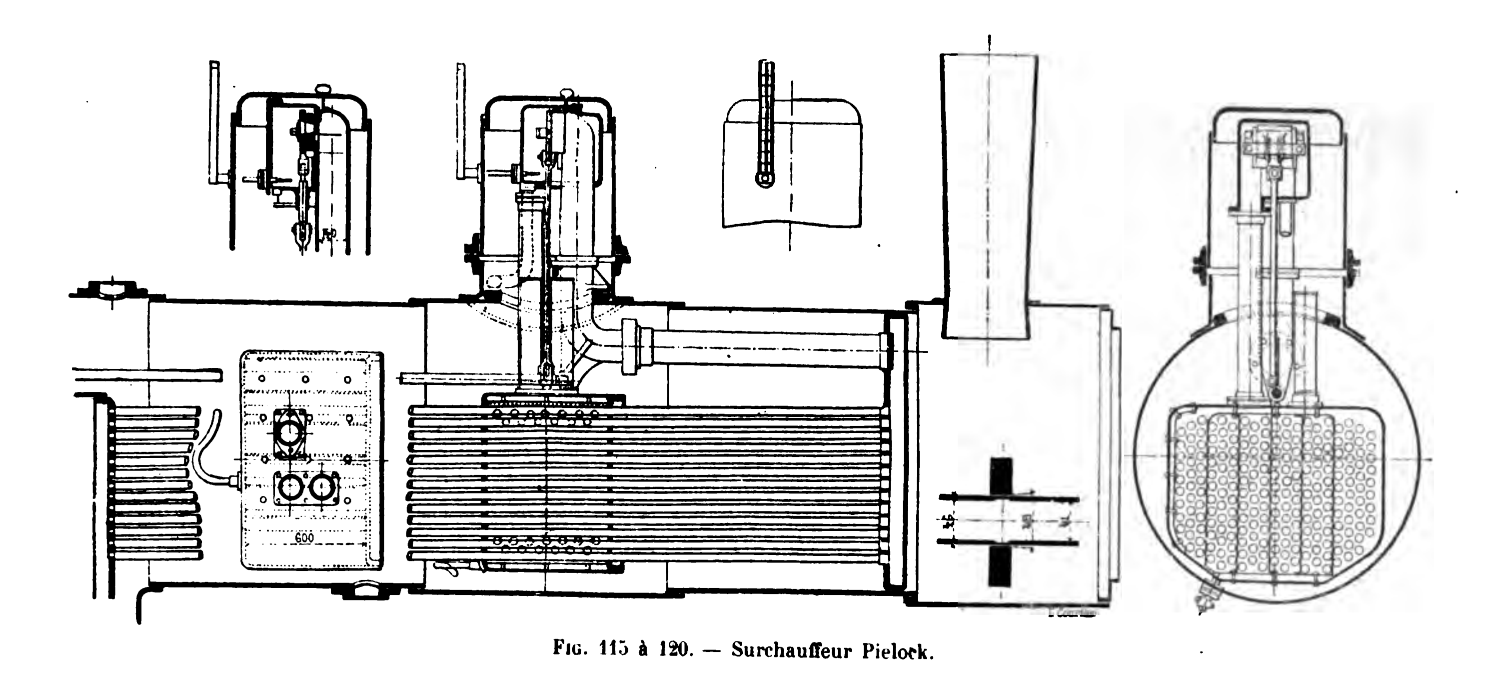


Fig. 115 à 120. — Surchauffeur Pielock.

région où ils font office de tubes de surchauffe. Cette disposition, qui l'a conduit à l'emploi de l'acier moulé, présente l'inconvénient d'alourdir l'appareil, tandis que M. Pielock profite au contraire de ce que celui-ci est toujours en équilibre de pression pour amincir autant que possible ses parois. Il est clair que l'intensité de la surchauffe dépend de la distance observée entre le surchauffeur et le foyer; mais, comme l'appareil n'est pas réglable, on n'évite sûrement les coups de feu qu'en le plaçant dans des conditions telles qu'il ne peut fournir normalement qu'une surchauffe modérée. La mise en place et le remplacement des tubes à fumée ne semblent donner lieu à aucune difficulté, et l'étanchéité des deux plaques tubulaires intermédiaires serait, dit-on, facilement obtenue.

Le surchauffeur Notkin, employé en Russie, et le surchauffeur Cole, employé en Amérique, sont des succédanés du troisième type de M. Schmidt. Le premier comprend une trentaine d'éléments placés dans autant de tubes à fumée de gros diamètre. Chacun de ces éléments est constitué par un tube intérieur ouvert à ses deux extrémités et placé dans un tube extérieur borgne muni intérieurement d'ailettes. Ces deux tubes aboutissent à deux chambres distinctes d'un collecteur placé dans la boîte à fumée. La vapeur circule à l'aller dans l'espace annulaire cloisonné compris entre les deux tubes et revient surchauffée par le tube central. Mais rien n'empêcherait d'adopter une circulation inverse.

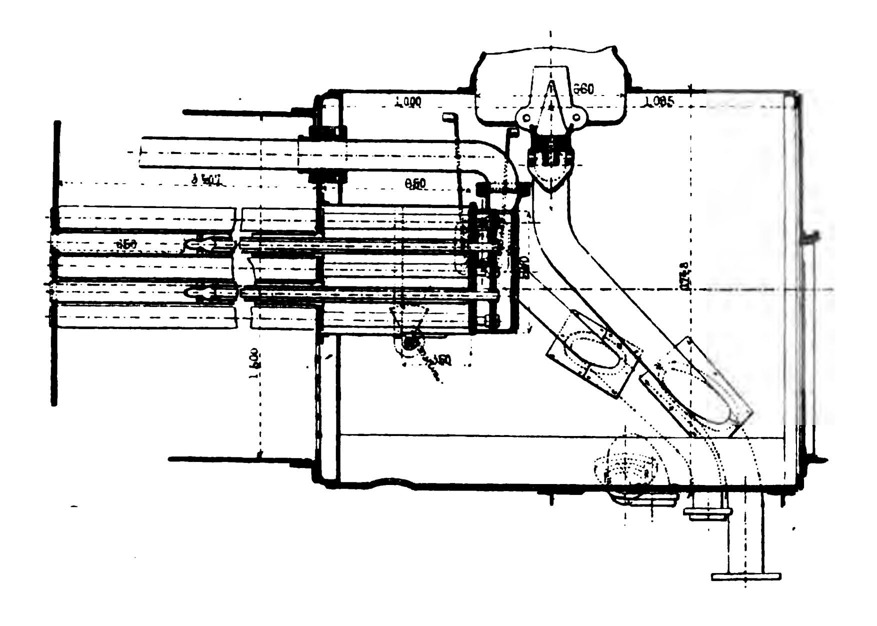
Les diamètres adoptés en dernier lieu pour trois tubes concentriques sont les suivants :

Tube central.	21/31 mm
Tube à ailettes	55/60 —
Tube à fumée	95/102 1/2

Les éléments du surchauffeur Cole sont également formés de tubes concentriques, avec cette différence que le tube intermédiaire est dépourvu d'ailettes. Les diamètres extérieurs relevés sur un surchauffeur de 55 éléments sont :

Pour le tube	central.	27 mm
—	intermédiaire. . .	44 —
—	à fumée	76 —

Dans un modèle plus récent, comportant une surface de chauffe totale de 71 m², le diamètre des gros tubes à fumée a été porté



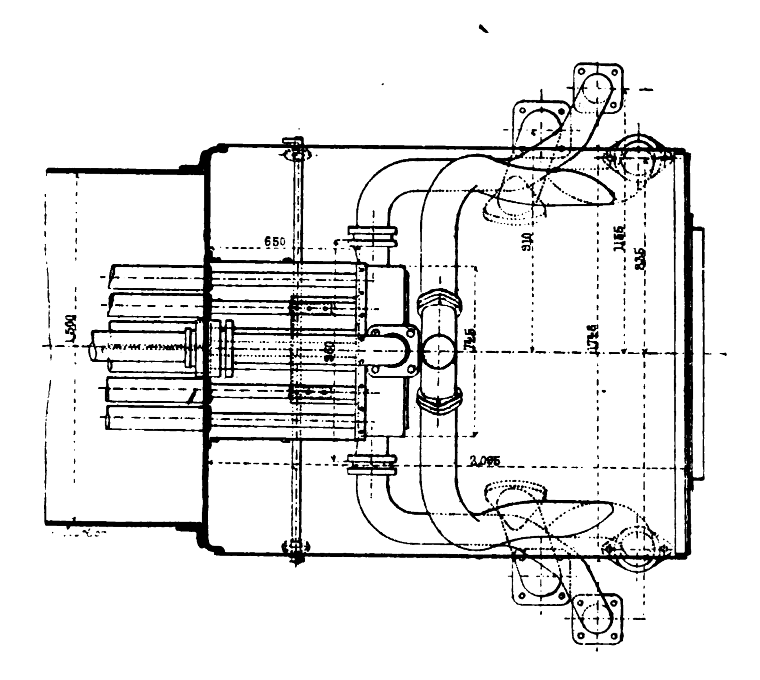


Fig. 121 et 122. — Surchauffeur Notkin.

à 127 mm et leur nombre réduit à 32. Chacun d'eux renferme quatre éléments surchauffeurs dont les tubes ont respectivement 22 et 38 mm de diamètre extérieur. Ce qui distingue surtout le surchauffeur Cole, c'est la division du collecteur en un certain nombre de boites verticales juxtaposées, reliées par une boite horizontale et dont chacune correspond à une rangée verticale de quatre ou cinq gros tubes à fumée. Cette disposition permet de remandriner ou de remplacer un tube sans avoir à démonter tout l'appareil.

Nous ajouterons que M. Schmidt a apporté récemment une modification intéressante à son troisième type de surchauffeur. Au lieu d'être accouplés en quantité, les deux éléments placés dans un même tube à fumée sont accouplés en série, disposition qui augmente la vitesse de circulation de la vapeur en même temps qu'elle facilite l'assemblage des éléments avec le collecteur.

En résumé, les divers types de surchauffeurs actuellement en usage peuvent se classer en trois catégories :

1° Les surchauffeurs dans les tubes (systèmes Schmidt, Cockerill, Notkin, Cole);

2° Les surchauffeurs autour des tubes (systèmes Pielock et Slucki) ;

3° Les surchauffeurs dans la boite à fumée (deuxième système de Schmidt).

Diamètre des cylindres des locomotives a vapeur surchauffée.

La comparaison des cylindres des locomotives belges à vapeur surchauffée des types 18, 15 et 32 avec ceux des locomotives de même type à vapeur saturée également exposées donne la mesure de l'accroissement de volume qu'on a estimé devoir donner, toutes choses égales d'ailleurs, aux cylindres d'une locomotive à vapeur surchauffée. Cet accroissement qui est de 13 0/0 pour les locomotives des types 15 et 32, a été réduit à 8 1/2 0/0 pour celles du type 18 dont les cylindres sont déjà très grands relativement aux dimensions de la grille.

« Cet accroissement, dit M. Matthei, (1) est bien justifié.
» En effet, en surchauffant la vapeur, son cycle théorique s'est
» amélioré; ensuite, tout en maintenant la pression constante,

(1) Les locomotives de l'État belge à l'Exposition de Liège. *Bulletin du Congrès International des Chemins de fer.* Septembre 1905.

» son volume augmente proportionnellement à l'élévation de la
» température, tandis que sa densité diminue; de plus, l'action
» refroidissante des parois des cylindres est considérablement
» atténuée. Il en résulte une réduction dans le poids de vapeur
» consommé et, dès lors, en vue de renforcer la puissance de
» traction des moteurs, les admissions de vapeur aux cylindres
» peuvent être allongées. Mais, pour éviter dans ce cas les pertes
» inhérentes aux machines à simple expansion et dues à la dé-
» tente incomplète, il est rationnel de conserver à ces admissions
» leurs valeurs normales en accroissant les volumes des cy-
» lindres. »

La surchauffe ne semble donc pas avoir été considérée, dans l'espèce, comme un moyen de réaliser plus économiquement des détentes plus prolongées. La transformation a été conduite comme si la puissance de vaporisation de la chaudière avait été accrue respectivement de 13 ou de 8 1/2 0/0.

Disposition générale du mécanisme.

Les locomotives à vapeur surchauffée à deux cylindres ont toutes des cylindres intérieurs, avec boîte à vapeur supérieure. Ils sont horizontaux dans les locomotives du type 18, inclinés dans

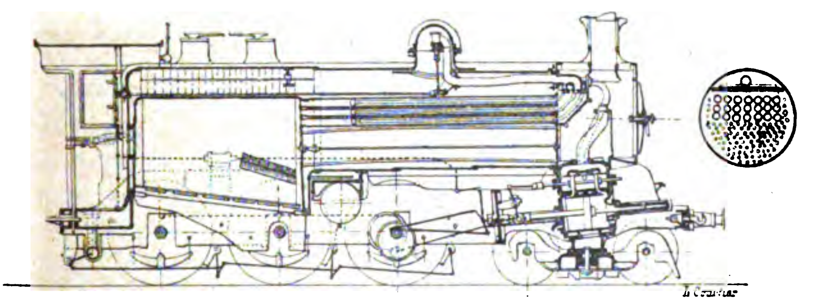


Fig. 123 et 124. — Locomotive type 35 de l'État belge.

celles des types 15, 32 et 35. Les tiroirs sont actionnés par des coulisses de Stephenson avec adjonction de rocking-shafts.

Nous avons déjà vu que les locomotives à vapeur surchauffée compound à quatre cylindres des types 19 et 19 *bis* ont leur quatre cylindres placés en batterie et que leurs tiroirs sont commandés de chaque côté de la machine par un mécanisme de distribution unique, du type Walschaerts, actionnant le tiroir B. P. directement et le tiroir H. P. par l'intermédiaire d'un balancier

de renvoi, sorte de rocking-shaft horizontal placé à l'arrière des cylindres.

Les cylindres de la locomotive à vapeur surchauffée à quatre cylindres égaux sont également disposés en batterie. Les mécanismes distributeurs, extérieurs aux longerons, comme dans les types 19 et 19 *bis*, présentent cette particularité qu'ils actionnent d'abord les tiroirs intérieurs et que le mouvement est transmis par ceux-ci aux tiroirs extérieurs par le moyen de balanciers horizontaux placés à l'avant des cylindres. Cette machine est pourvue de l'essieu coudé en Z représenté par les figures 95 et 96.

Précautions prises pour éviter les risques de grippage des organes.

Parmi les précautions généralement prises en vue d'empêcher les organes qui se meuvent au contact de la vapeur surchauffée de se gripper malgré un graissage abondant et soigné, il en est quelques-unes sur l'importance desquelles il semble que tous les spécialistes soient aujourd'hui d'accord et qui se réduisent à l'observation des quatre règles ci-après :

Première règle. — Les tiroirs cylindriques, ou à pistons, doivent être systématiquement préférés aux tiroirs plans (1).

Deuxième règle. — Les pistons, qu'ils soient moteurs ou distributeurs, ne doivent jamais porter sur leurs segments. Ceux-ci doivent être entièrement libres et n'avoir qu'une bande légère de manière à n'exercer qu'une faible pression sur les surfaces frottantes des cylindres. En conséquence, les pistons moteurs comme les distributeurs doivent être pourvus d'une contre-tige et les souches de ces derniers ne doivent avoir entre les épaulements de leur tige aucun jeu transversal.

Troisième règle. — La vapeur doit être admise dans l'intervalle des deux pistons d'un même distributeur, pour permettre de supprimer les garnitures de la tige de tiroir.

Quatrième règle. — La boîte à garniture qui assure l'étanchéité tout autour de la contre-tige du piston moteur ne doit pas en

(1) Un système de distribution par soupapes, imaginé par M. Lentz et appliqué avec succès en Allemagne à des machines fixes à marche rapide, a été transporté tout récemment sur les locomotives. Ce genre de distributeur, plus spécialement approprié à l'emploi de la vapeur surchauffée, serait plus avantageux, dans tous les cas, que les tiroirs plans ou cylindriques.

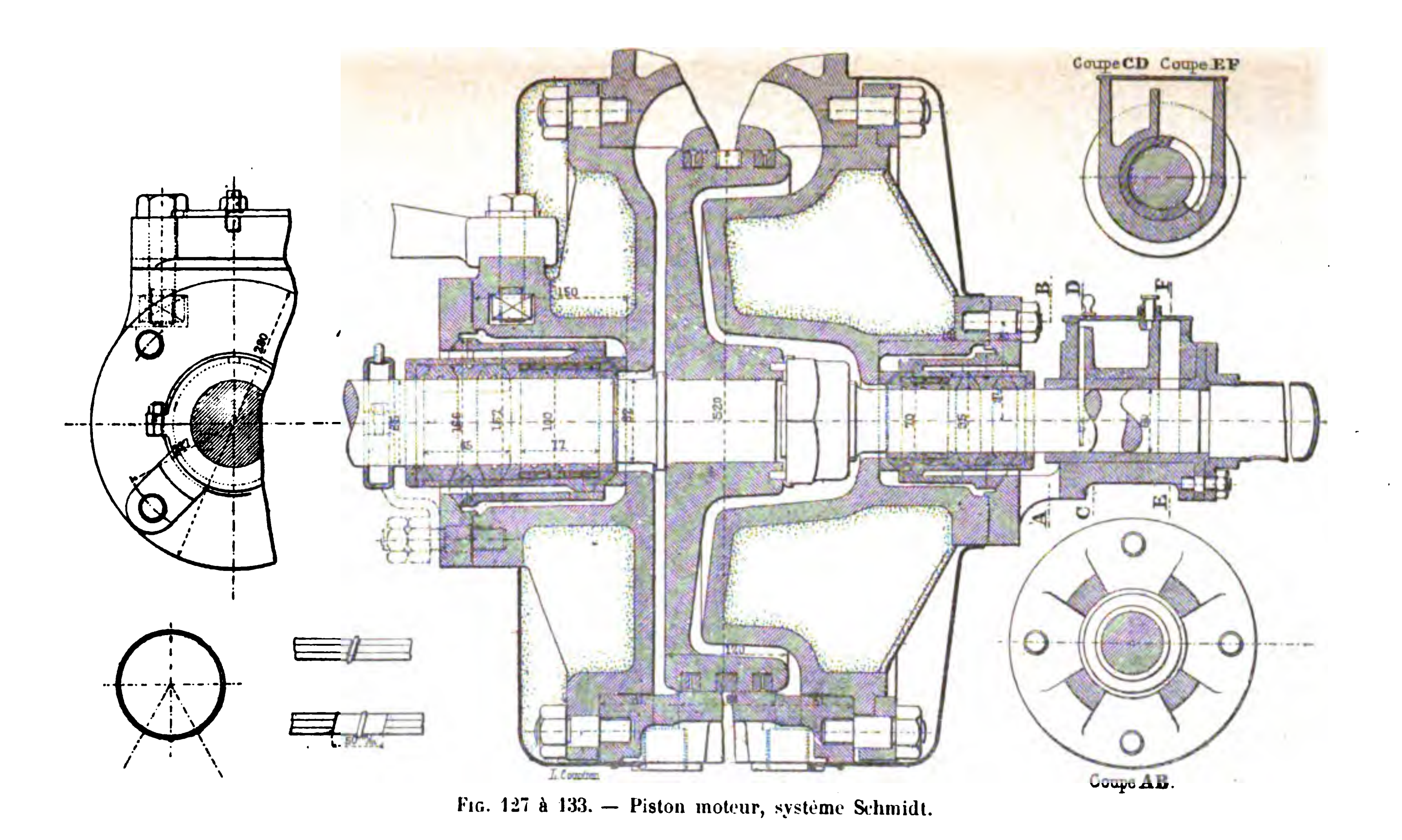


Fig. 127 à 133. — Piston moteur, système Schmidt.

même temps servir de support à cette contre-tige. Un guide spécial garni de bagues doit être fixé à cet effet sur le plateau antérieur, de manière que le poids du piston repose tout entier, à l'avant sur ce guide, à l'arrière sur la crosse. Les boîtes à garnitures, établies de manière à présenter à l'air extérieur de larges surfaces refroidissantes, doivent pouvoir se centrer à la demande de la tige et leur rôle doit se borner à assurer l'étanchéité.

Toutes les locomotives à vapeur surchauffée de l'État belge

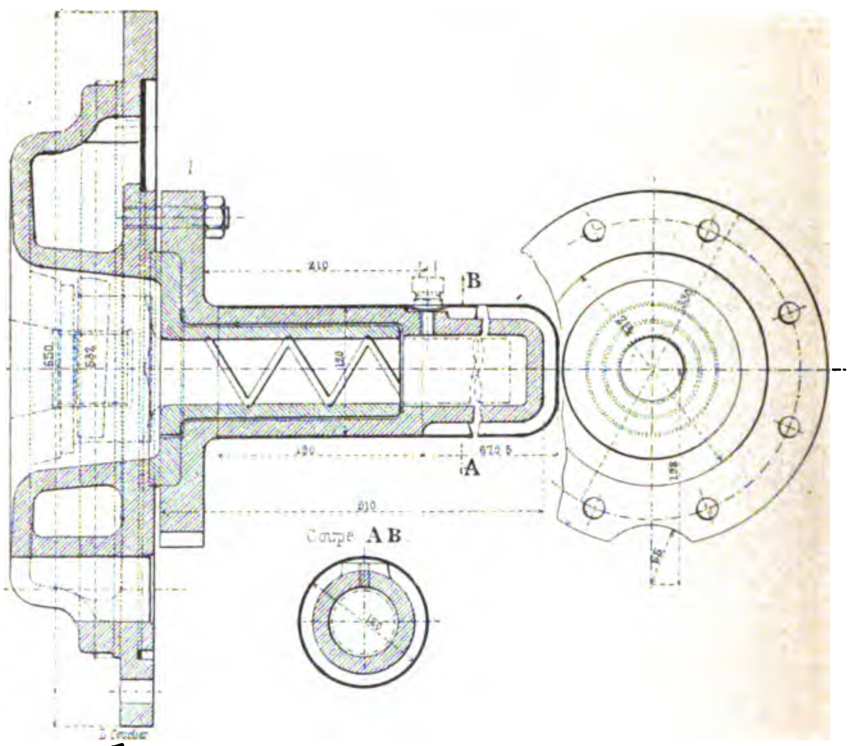


Fig. 134 à 136. — Fourreau de contre-tige de piston de locomotive type 35 de l'État belge.

satisfont à ces quatre règles. Leurs pistons moteurs sont pourvus de deux segments logés dans deux gorges distinctes de la souche. Ces segments portent sur tout leur développement une rainure de 3 mm de profondeur qui communique avec le fond de la gorge par six trous de 3 mm de diamètre régulièrement espacés. Les coupes sont croisées et leur immobilité est assurée au moyen de petites clavettes d'acier chassées, entre les deux extrémités de

chaque segment, dans deux rainures latérales de la gorge. Les contre-tiges des pistons moteurs des locomotives du type 35 sont dépourvues de garnitures. Elles sont enfermées dans un fourreau

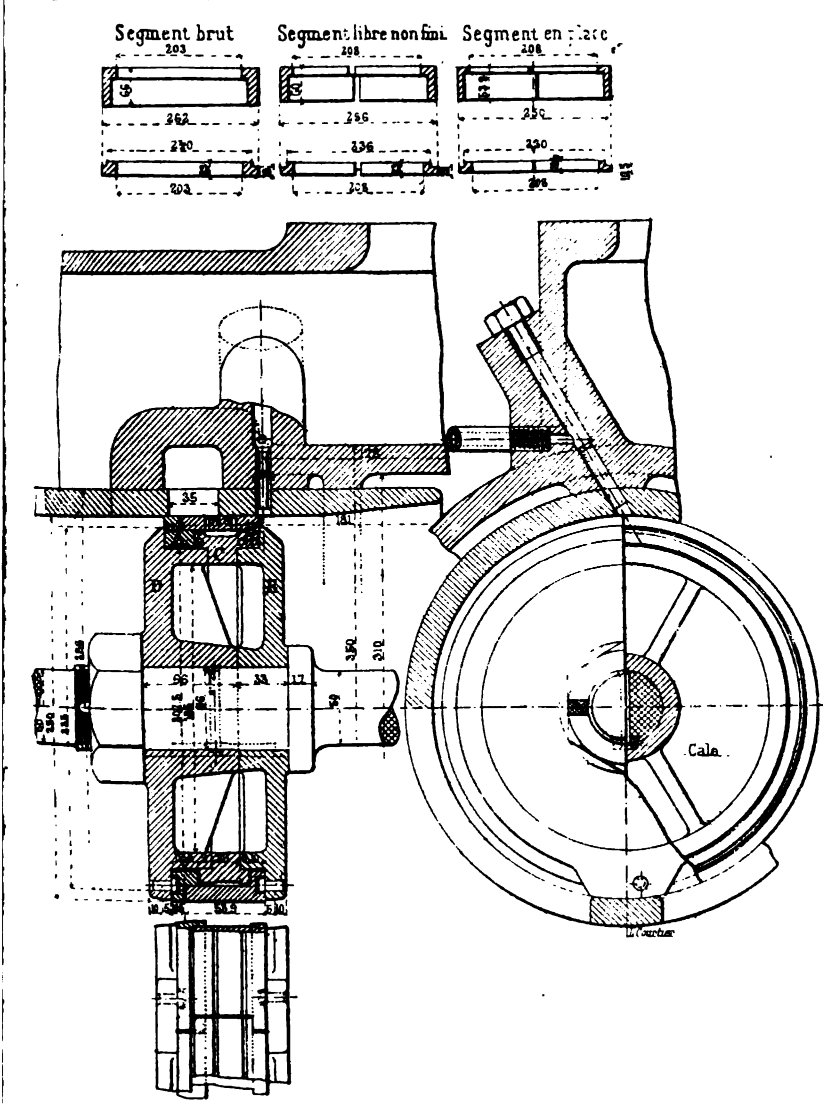


Fig. 137 à 145. — Piston distributeur de locomotive type 35 de l'État belge.

entièrement fermé, en communication avec le cylindre et muni intérieurement de guides en fonte.

Les souches des pistons distributeurs sont formées de deux plateaux comprenant entre eux un anneau central. Dans deux

gorges ménagées de part et d'autre de cet anneau sont logés deux segments fendus, de section inégale, et jointifs, l'un d'eux recouvrant complètement l'anneau central. Ce dernier segment est percé de douze trous de 3 mm de diamètre régulièrement distribués par groupes de deux sur sa surface frottante et permettant à la vapeur de se répandre dans une large rainure de l'anneau central. Des prisonniers rivés sur des appendices des plateaux maintiennent l'orientation des coupes des segments.

M. Schmidt recommande l'emploi de pistons moteurs à trois

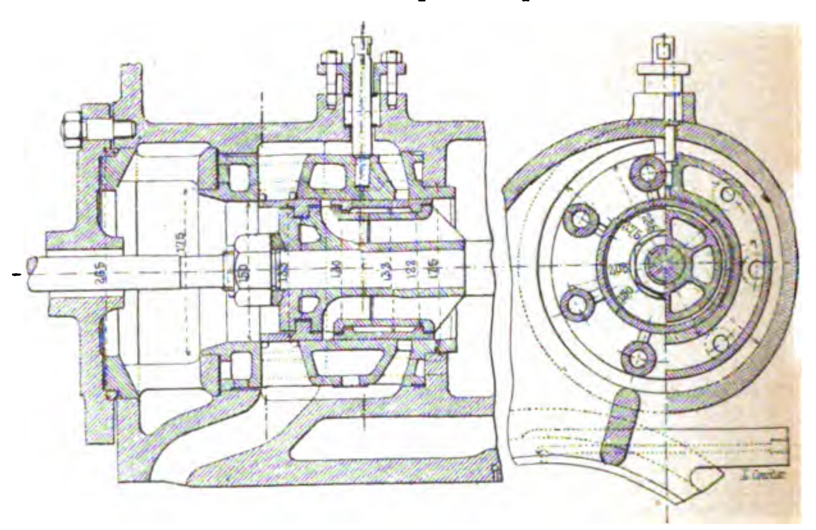


Fig. 146 et 147. — Tiroir cylindrique, système Schmidt.

segments, logés dans trois gorges distinctes et disposés d'ailleurs comme ceux de l'État belge. Les distributeurs à segments élastiques dont il s'est primitivement servi s'étant parfois coincés dans leur chemise, il a muni celle-ci d'une véritable enveloppe de vapeur surchauffée destinée à en assurer la rapide et régulière dilatation. Le distributeur dont il fait actuellement usage est à double arête d'admission. Les segments élastiques y ont été remplacés par des anneaux non fendus de grande largeur comportant une série de rainures circulaires.

Le grand défaut de ces tiroirs réside dans leur manque d'étanchéité. Au cours d'expériences faites en Allemagne sur des locomotives en stationnement dont les tiroirs, maintenus dans leur position moyenne, étaient soumis à une pression de 11 kg, on a constaté des pertes horaires :

De 150 kg de vapeur pour le tiroir H. P., plan équilibré d'une compound à deux cylindres (tiroir en bon état);

De 350 kg pour un tiroir semblable non équilibré et usé ;

De 190 kg pour l'ensemble des deux tiroirs cylindriques H. P. d'une locomotive compound à quatre cylindres;

De 400 à 450 kg pour une locomotive à vapeur surchauffée pourvue de tiroirs à segments élastiques;

De 860 kg pour une locomotive semblable pourvue de tiroirs sans segments (1).

On cite même une perte horaire de 2 400 kg constatée sur une locomotive à vapeur surchauffée pourvue de tiroirs de 240 mm de diamètre, dépourvus de segments élastiques (2). Mais il est évident que ces tiroirs avaient été montés avec un jeu excessif. Au surplus, ces chiffres ne permettent pas de préjuger ce que seront les pertes en service. S'il peut y avoir des raisons pour qu'elles soient moindres, il y en a certainement aussi pour qu'elles soient plus élevées.

L'État belge, qui primitivement graissait les pistons et tiroirs de ses locomotives à vapeur surchauffée avec un mélange de 40 0/0 de suif et 60 0/0 d'huile minérale, emploie aujourd'hui une huile à cylindres spéciale de provenance américaine. Par contre, l'État prussien, qui a commencé par employer une huile à cylindres d'un prix élevé, inflammable à 280 degrés, se contente aujourd'hui d'un mélange de 50 0/0 de colza brut et de 50 0/0 d'huile minérale de faible fluidité. Le point d'inflammabilité du mélange est de 304 degrés.

Bien entendu, les graisseurs à condensation ne peuvent être utilisés et l'emploi de graisseurs mécaniques s'impose. Six départs au moins sont nécessaires pour une machine à deux cylindres : deux pour les pistons moteurs et quatre pour les pistons distributeurs. Les appareils employés par l'État belge sont ou des télescopompes ou des compresseurs du système Ritter d'Altona.

Résultats d'essais et observations faites en service courant.

Les seules indications que nous possédions sur les résultats obtenus par l'emploi de la surchauffe à l'État belge sont celles qui nous sont données par M. Matthei :

(1) *Zeitschrift des Vereines deutscher Ingenieure*, 1902, p. 1786.
(2) *Glaser's Annalen* 1903, t. II, p. 202.

« De nombreux essais comparatifs, dit-il, effectués avec » des locomotives type 35 à vapeur saturée et à vapeur sur- » chauffée, ont fait constater en faveur de ces dernières une » économie de combustible atteignant en moyenne 12,5 0/0 et » un accroissement de puissance d'environ 10 0/0. La locomo- » tive à roues de 1,60 m peut, avec une charge de 375 t, sou- » tenir en rampe de 13 mm une vitesse de 40 km; la machine » à roues de 1,70 m remorque 355 t à 70 km à l'heure sur de » longues rampes de 5 mm. »

Nous trouvons, d'autre part, dans un ouvrage qui jouit, en Allemagne et ailleurs, d'une légitime autorité (1), et dans des articles de l'*Organ* qui y sont résumés, quelques résultats d'essais, quelques observations faites en service courant, enfin quelques appréciations qu'il nous a paru intéressant de reproduire :

a) Direction de Hanovre. Résultats obtenus en service courant.

Le tableau XV fait connaître pour des périodes de vingt et un à vingt-quatre mois les parcours et les consommations des locomotives à grande vitesse du dépôt de Hanovre, lesquelles comprenaient une locomotive compound à quatre cylindres, vingt locomotives compound à deux cylindres et une locomotive à vapeur surchauffée.

Tableau XV.

TYPE DES LOCOMOTIVES	PÉRIODES DE SERVICE considérées	PARCOURS journalier moyen	COMBUSTIBLE CONSOMMÉ par kilomètre de train	CONSOMMATION DE GRAISSAGE PAR 1 000 KM pour le mécanisme	pour les tiroirs et pistons	totale
		km	kg	kg	kg	kg
Compound à 4 cylindres timbrée à 14 atm.	De décembre 1900 au 31 août 1902 . . .	252	10,69	24,30	7,57	31,87
Compound à 2 cylindres timbrée à 12 atm.	D'avril 1900 au 31 mars 1902	263	10,54	19,82	5,66	25,48
Locomotive à vapeur surchauffée timbrée à 12 atm.	D'avril 1900 au 31 mars 1902	252	10,78	16,41	8,71	25,12

(1) *Die Lokomotiven der Gegenwart*, de Blum, von Borries et Barkhausen, 2e édition, 1903. Le chapitre consacré à la surchauffe est dû à M. Patté.

Voir également *Organ für die Fortschritte des Eisenbahnwesens*, 1901, page 208; 1902, p. 11, et 1903, pp. 14 et 35.

b) Direction de Hanovre. Essais comparatifs organisés en 1901 entre Hanovre et Stendal.

Ces essais ont porté sur des trains rapides formés de matériel à intercirculation (D Züge) et comprenant, suivant la puissance des machines, de sept à neuf véhicules à bogies et un véhicule à trois essieux. Les parcours Stendal-Hanovre et Hanovre-Stendal s'effectuaient normalement sans arrêt, mais avec un ralentissement à Lehrte, en 117 à 114 minutes. Pour éliminer l'influence de ce ralentissement, ainsi que celle des périodes extrêmes d'accélération positive ou négative, les observations relatives aux vitesses et au travail ont été faites sur le parcours de 123 km compris entre la station la plus voisine de Stendal et le sémaphore le plus voisin de Lehrte, parcours sur lequel les machines développent toute leur puissance d'une manière continue. Le tableau XVI fait connaître les résultats de ces essais.

Tableau XVI.

Numéros des locomotives soumises aux essais	11	86	38
Mode d'utilisation de la vapeur	Compound à 4 cylindres	Vapeur surchauffée	Compound à 2 cylindres
Surface de grille	2,27	2,27	2,27
Timbre en atmosphères métriques	14	12	12
Poids en ordre de marche en tonnes	53	52,3	47,6
Vitesse moyenne en kilomètres à l'heure	89,4	88,6	87,3
Dépression dans la boite à fumée en millimètres d'eau	113	108	119
Admission moyenne en 0/0 de la course	32	26	45
Température moyenne de la vapeur	»	298	»
Poids moyen de la locomotive et du tender en tonnes	87	81	76
Poids moyen remorqué en tonnes	278,4	267,1	252,5
Puissance moyenne développée en chevaux	878,9	808,9	754,5
Eau vaporisée par kilogramme de combustible	7,27	6,44	7,78
Nombre de chevaux-heure par kilogramme de combustible	0,95	0,87	0,86

L'examen des cinq meilleurs parcours fournis par la machine 86 a montré qu'elle peut développer en régime permanent une puissance de 900 ch. Par un train de 180 t, elle a couvert

61 km en 33 minutes, développant ainsi une puissance de 1 100 ch sur ce parcours.

Il semble, dit M. von Borries, que la faible densité de la vapeur diminue les résistances, de sorte que de très grandes vitesses de piston peuvent être facilement et avantageusement atteintes. Par contre, les fortes pressions initiales qui agissent sur le piston occasionnent des chocs dont souffre le mécanisme, notamment aux vitesses modérées. Il en résulte, aux grandes vitesses, des vibrations qui disparaissent à des vitesses supérieures. Le travail développé varie beaucoup avec la température de la vapeur qui oscillait sans cause apparente entre 250 et 350 degrés.

c) Direction de Hanovre. Essais comparatifs de 1902.

Ces nouveaux essais eurent lieu dans les mêmes conditions que ceux de 1901. Cinq locomotives y prirent part, savoir : deux compound à quatre cylindres, deux à vapeur surchauffée et une compound à deux cylindres. Les résultats obtenus font l'objet du tableau XVII.

Tableau XVII.

Numéros des locomotives soumises aux essais	17 et 18	439 et 440	42
Mode d'utilisation de la vapeur	Compound à 4 cylindres	Vapeur surchauffée	Compound à 2 cylindres
Surface de grille en mètres carrés	2,27	2,27	2.27
Timbre en atmosphères métriques	14	12	12
Poids en ordre de marche (tonnes)	53,3	54,6	47,6
Vitesse moyenne en kilomètres à l'heure	88,2	90,8	86,9
Dépression moyenne dans la boîte à fumée	116	98	107,6
Admission moyenne en 0/0 de la course	34	15	45
Température moyenne de la vapeur	»	275°	»
Poids moyen de la locomotive et du tender (tonnes)	86,9	89,8	75,7
Poids moyen remorqué (tonnes)	285,8	274,1	257,3
Puissance moyenne développée en chevaux	865,2	911	733,8
Eau vaporisée par kilogramme de combustible	7,67	6,54	7,78
Chevaux-heure par kilogramme de combustible	1,07	1,04	0,96
Combustible brûlé par mètre carré de grille et par heure	372,7	406,9	357,6
Nombre des parcours d'essai	20	22	12

M. von Borries conclut de ces chiffres que le rendement des locomotives à quatre cylindres est très affecté par l'humidité de la vapeur employée. Une surchauffe à 250 degrés lui semblerait de nature à accroître notablement la puissance de ces machines ainsi que l'effet utile du combustible.

Si les machines 439 et 440 ont pu fournir un travail très supérieur à celui de la machine 86 essayée l'année précédente, cela tient surtout aux dimensions de leurs cylindres, dont le diamètre a passé de 460 à 520 mm et dont le volume a été ainsi accru de 28 0/0. Par suite, les admissions moyennes ont pu être réduites de 26 à 15 0/0 de la course, c'est-à-dire à un degré que M. von Borries considère comme le plus avantageux au point de vue de l'utilisation de la vapeur surchauffée. En revanche, l'intensité des chocs et l'énergie des vibrations qui en résultent à grande vitesse se sont accrues dans des proportions telles que le séjour sur la machine en est devenu très pénible pour le personnel. La cause principale de ces chocs, ajoute M. von Borries, c'est-à-dire la grande pression initiale exercée sur les pistons, ne peut être supprimée et on ne peut espérer qu'on puisse jamais arriver à atténuer ces chocs dans la mesure où ils ont été atténués dans les compound à deux cylindres (1).

Enfin, l'allure des locomotives à vapeur surchauffée est moins régulière que celle des compound, même à deux cylindres, malgré un excès de poids de 58 kg du piston B.P., excès de poids qui représente 11 0/0 de l'ensemble des masses en translation.

d) Direction de Saarbrück. Essais faits sur des locomotives a marchandises.

Quatre locomotives à quatre essieux accouplés compound furent mises en parallèle, sur la ligne de la Moselle, avec quatre machines semblables à vapeur surchauffée, dans un service de trains de marchandises complets, dont la composition moyenne a atteint cent sept essieux pour les machines à vapeur surchauffée, cent dix pour les compound. Une économie de 8,74 0/0 d'eau et de 6,326 0/0 de charbon fut relevée en faveur de la surchauffe. Par contre, la dépense de graissage excéda de 22 0/0 celle des compound.

Deux autres locomotives à vapeur surchauffée utilisées dans le

(1) Une autre conséquence de la grande variation des pressions exercées sur les pistons est un abaissement sensible du coefficient d'adhérence. Nous avons vu que le compoundage avait eu, à ce point de vue, un résultat tout opposé.

service ordinaire des marchandises sur la ligne de la Nahe consommèrent comme les compound 187 kg de combustible par 1 000 essieux-kilomètres, ne réalisant ainsi aucune économie sur la vapeur saturée.

Ces résultats sont plutôt de nature à surprendre. On s'explique difficilement que l'économie de vapeur ait été si faible, sur la ligne de la Moselle, par rapport à l'économie de charbon. M. von Borries fait remarquer, d'autre part, que sur la ligne de la Nahe les locomotives à vapeur surchauffée, qui ont quatre coups d'échappement au lieu de deux par tour de roue, eussent dû bénéficier d'un avantage qui devient sensible aux petites vitesses.

e) Direction d'Alsace-Lorraine. Résultats d'essais organisés en 1902.

Trois locomotives à grande vitesse participèrent à ces essais : une d'elles était à trois essieux accouplés compound à quatre cylindres. Les deux autres étaient toutes deux à deux essieux accouplés et à deux cylindres, mais l'une était compound et l'autre à vapeur surchauffée. La charge à remorquer fut fixée pour la première, en raison de sa puissance, à quarante essieux; pour la seconde et la troisième à trente-trois essieux seulement. Le tableau XVIII fait connaître les résultats obtenus pendant une période de quinze jours au cours de laquelle chacune des locomotives parcourut 5 850 km,

Tableau XVIII.

LOCOMOTIVES	MATIÈRES CONSOMMÉES									
	COMBUSTIBLE		EAU		HUILE MINÉRALE		HUILE de graissage et suif		HUILE A CYLINDRES	
	par kilomètre	par 100 t remorquées	par kilomètre	par 100 t remorquées	par 1 000 km	par 100 t remorquées	par 1 000 km	par 100 t remorquées	par 1 000 km	par 100 t remorquées
Locomotive 3/5 compcund à 4 cylindres, no 634	13,90	7,13	110,70	49.70	43,40	1,940	6.12	0,274	4,75	0.2140
Locomotive 2/4 compound à 2 cylindres, no 775	12,73	7,35	84,90	48,90	20.40	1,175	6,12	0,332	1,53	0,0882
Locomotive 2/4 à vapeur surchauffée à 2 cylindres, no 782	12,90	7,52	69,50	40,40	31,60	1,840	9.95	0,576	5,33	0,3080

La locomotive à vapeur surchauffée économise de 17 à 18 0/0 d'eau, mais consomme un peu plus de combustible que les deux autres.

On a remarqué au cours des essais que la locomotive à vapeur surchauffée démarre vivement et peut donner des coups de collier prolongés sans donner lieu à des entraînements d'eau.

On a également constaté que, par suite du poids considérable de ses organes moteurs cette locomotive a un mouvement moins régulier, une allure moins douce que les deux autres, notamment que la locomotive à quatre cylindres.

La Direction générale d'Alsace-Lorraine en conclut que toutes réserves faites quant aux dépenses d'entretien du surchauffeur, l'emploi de la vapeur surchauffée convient aux locomotives de faible et de moyenne puissance, circulant à des allures modérées. Pour les grandes puissances comme pour les grandes vitesses, la locomotive à quatre cylindres présente une supériorité bien trop marquée pour qu'il puisse être question de revenir aux machines à deux cylindres. La faible consommation d'eau des locomotives à vapeur surchauffée, leurs faciles démarrages, leur aptitude à donner des coups de collier, sont des avantages qu'apprécieront surtout les constructeurs de locomotives-tenders pour l'exploitation des lignes secondaires.

Conclusions de M. Patté.

Après avoir rendu compte de ces divers essais, M. Patté, l'auteur du chapitre consacré à la surchauffe dans les *Lokomotiven der Gegenwart*, entre dans des considérations générales au cours desquelles il exprime notamment l'avis que le surchauffeur du type le plus répandu en Allemagne gagnerait à être modifié par la suppression du gros tube adducteur, un raccourcissement approprié de l'ensemble du faisceau tubulaire et le doublement de la surface de surchauffe. Il termine en formulant les neuf conclusions ci-après :

1° Les avantages d'ordre technique et économique que présente l'emploi de la vapeur surchauffée justifient les efforts poursuivis en vue de son application générale aux locomotives, pour lesquelles il constituerait un important progrès;

2° Les locomotives à deux cylindres, même à vapeur surchauffée, ne répondent plus, comme puissance et vitesse, aux exigences actuelles;



3° Les locomotives à grande vitesse à vapeur surchauffée à deux cylindres l'emportent en puissance sur les locomotives compound à deux cylindres, mais le manque de douceur de leur fonctionnement les rend impropres au service des express;

4° Les locomotives à vapeur surchauffée se font remarquer par un démarrage plus rapide que celui des compound;

5° Les locomotives à vapeur surchauffée comparées aux compound économisent de 15 à 20 0/0 d'eau, et, lorsque les circonstances sont favorables, jusqu'à 5 0/0 de charbon;

6° L'emploi d'un tube adducteur de gaz chauds n'est pas une solution satisfaisante; l'adduction des gaz par les tubes à fumée serait préférable;

7° La faible densité de la vapeur surchauffée exerce une action favorable sur le fonctionnement et le rendement des machines aux grandes vitesses des pistons;

8° Les locomotives à vapeur surchauffée peuvent donner des coups de collier plus intenses que les locomotives à vapeur saturée;

9° Il serait rationnel d'appliquer la surchauffe aux locomotives compound à quatre cylindres. La complication qui en résulterait pour les locomotives à vapeur surchauffée serait avantageusement compensée par la douceur de leur fonctionnement.

On voit que même en Allemagne, il y a des Ingénieurs, et non des moins qualifiés, qui sont loin de considérer l'application de la surchauffe aux locomotives comme un problème résolu.

Essais de vitesse entre Berlin et Zossen.

Un avis très différent est exprimé par la Direction de Berlin dans un article plus récent de l'*Organ* (1), où elle rend compte d'essais de vitesse auxquels elle a procédé en 1904, entre Berlin et Zossen. Y avaient pris part six locomotives, dont trois compound à quatre cylindres, une compound à trois cylindres, une compound à deux cylindres et une également à deux cylindres à vapeur surchauffée.

Bien que le mécanisme de cette dernière cognât assez fortement aux faibles admissions, peu utilisées d'ailleurs dans l'espèce, et qu'il se produisît un mouvement de recul très sensible à la vitesse de 130 km à l'heure, l'auteur déclare que les loco-

(1) *Organ für die Fortschritte des Eisenbahnwesens*, 1895, p. 1.

motives à vapeur surchauffée se prêtent mieux que les autres aux très grandes vitesses, en raison de la plus grande fluidité de la vapeur surchauffée, qui circule plus aisément à travers les organes distributeurs et se maintient dans les boîtes à vapeur à une pression beaucoup plus uniforme.

Essais de consommation faits en Amérique.

Voici, enfin, quelques indications relatives aux consommations de combustible faites en service courant, pendant des périodes variant entre quatre et onze mois, par des locomotives de divers systèmes du Canadian Pacific Railway (1).

Comparée à des locomotives à vapeur saturée et à simple expansion, une locomotive, également à simple expansion, mais à vapeur surchauffée, aurait procuré une économie de 25,5 0/0.

Comparée à des locomotives à vapeur saturée, mais compound, la même locomotive à vapeur surchauffée aurait encore présenté un avantage de 18,5 0/0. Ce chiffre se serait toutefois abaissé à 14,5 0/0 et même à 3 0/0 pour d'autres locomotives à vapeur surchauffée et à simple expansion.

Enfin, de comparaisons faites entre des locomotives compound, les unes à vapeur saturée, les autres à vapeur surchauffée, résulterait en faveur de ces dernières une économie variant, suivant les cas, entre 10 et 30 0/0.

Ces résultats sont trop discordants, et les renseignements que nous possédons sur les circonstances dans lesquelles ils ont été obtenus trop sommaires, pour qu'il soit possible d'en tirer une conclusion.

Les expériences faites en Allemagne permettent tout au moins de prévoir que, si on arrive à triompher des difficultés que présente la surchauffe, à rendre tout à fait pratique l'emploi de la vapeur surchauffée, il n'y aura que des avantages à faire travailler celle-ci en double expansion. Il est très possible que la locomotive de grande puissance de l'avenir soit à vapeur surchauffée : nous serions fort étonné qu'elle ne fût pas compound.

Si cette prévision se réalise, la question se posera de savoir s'il convient de surchauffer la vapeur seulement à la haute pression, ou seulement à la basse pression, ou s'il est préférable de

(1) Nous empruntons ces renseignements à la *Zeitschrift des Vereines deutscher Ingenieure*, 1906, I, pp. 825 et 826.



pratiquer la surchauffe en cascade. Enfin, il restera à déterminer le degré de surchauffe le plus convenable dans chaque cas. Les essais entrepris par les Chemins de fer de l'État belge et auxquels le remarquable wagon dynamomètre qui figurait à l'Exposition de Liège, aura permis d'appliquer les méthodes d'investigation les plus rigoureuses, contribueront sans doute dans une large mesure à élucider ces questions. Aussi les résultats de ces essais seront-ils d'un puissant intérêt pour les spécialistes.

Quant aux Compagnies françaises, elles ne semblent pas disposées à persévérer dans l'attitude expectative qu'elles ont observée jusqu'ici à l'égard de la surchauffe. Plusieurs d'entre elles se préparent à l'essayer et ce sera pour elles, à vrai dire, le meilleur moyen d'être renseignées sur les avantages que peut présenter son application aux locomotives.

Organes distributeurs.

Tiroirs.

Les tableaux XI, XIII et XIV montrent :

1° Que toutes les locomotives à vapeur saturée et à simple expansion sont pourvues de tiroirs plans;

2° Que toutes les locomotives à vapeur surchauffée sont pourvus de tiroirs cylindriques;

3° Que les locomotives compound à vapeur saturée sont pourvues les unes de tiroirs plans, les autres de tiroirs cylindriques.

L'emploi de ces derniers n'est donc pas spécial aux locomotives à vapeur surchauffée. Les larges orifices qu'ils offrent à la vapeur et le peu de travail qu'absorbe leur fonctionnement sont des avantages dont on a cherché depuis longtemps à faire bénéficier les locomotives à vapeur saturée. Mais, à examiner en détail ces organes, on constate que les préoccupations du constructeur sont différentes, selon que la vapeur à distribuer est surchauffée ou saturée. Dans le premier cas, nous l'avons vu, on cherche à réduire à tout prix les frottements, l'étanchéité dût-elle en souffrir quelque peu. Dans le second, on cherche plus généralement à éviter les fuites, fût-ce au prix d'un léger frottement, inoffensif dans l'espèce. C'est ainsi que, contrairement à ce qui est recommandé pour les machines à vapeur sur-

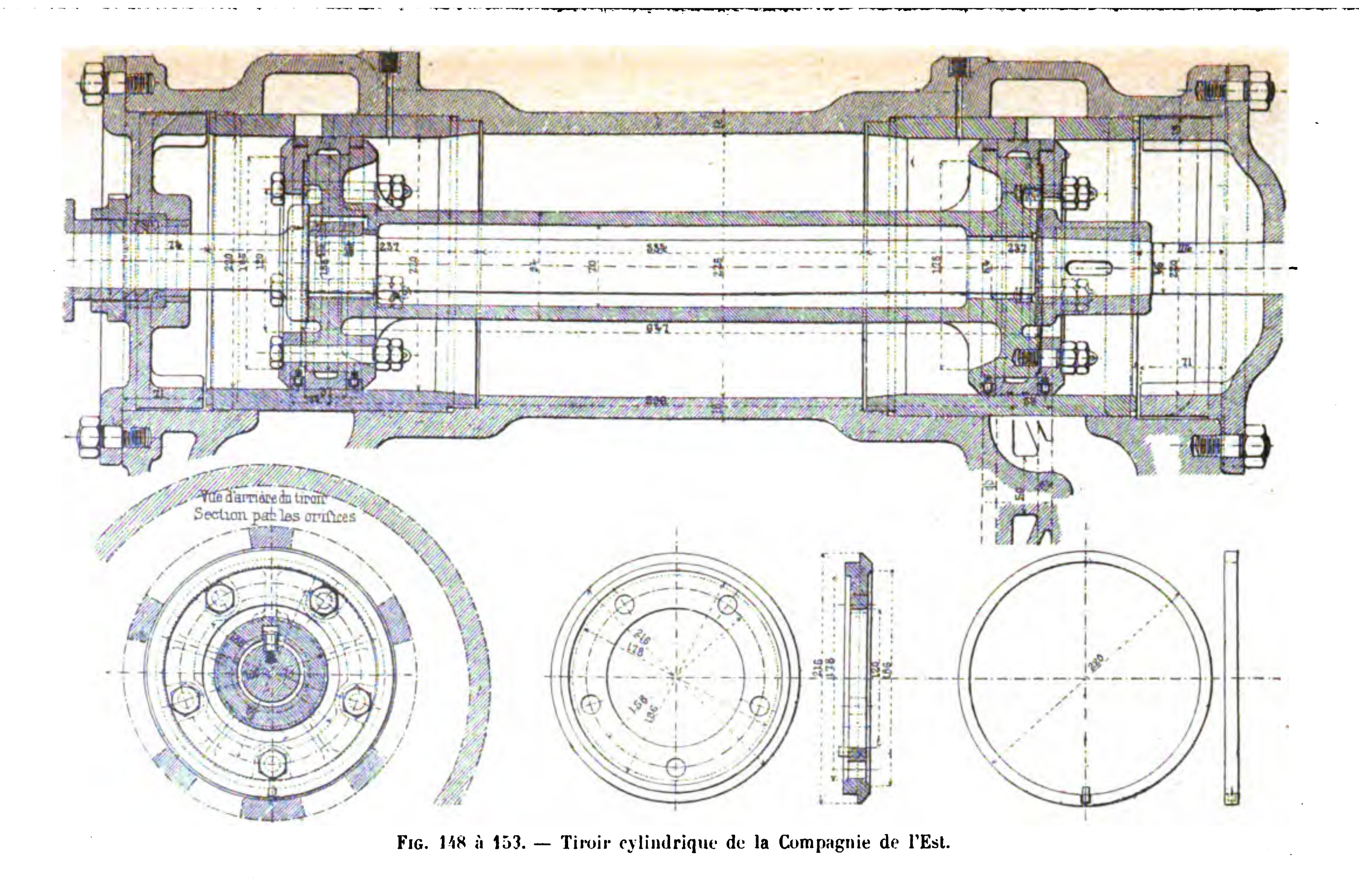


Fig. 148 à 153. — Tiroir cylindrique de la Compagnie de l'Est.

chauffée, le tiroir cylindrique actuellement le plus répandu en France, celui de la Compagnie de l'Est, n'est pas soutenu par sa tige; il repose par sa souche, et de tout son poids, sur les fourreaux, de manière à recouvrir constamment et sur toute leur hauteur les coupes des segments élastiques, maintenues par des goujons sur la génératrice inférieure des fourreaux (1).

Quelques tiroirs plans sont équilibrés. Ceux des locomotives type 23 de l'État belge sont du type Richardson. Ceux des locomotives des Compagnies françaises Nord et P.-O. sont à compensateur annulaire.

Mécanismes de distribution.

Seuls les mécanismes distributeurs de Stephenson et de Walschaerts étaient représentés à Liège.

Du côté français, toutes les locomotives exposées, tant à voie large qu'à voie étroite, étaient pourvues de mécanismes Walschaerts. Une d'elles cependant, celle du Midi, pourvue à l'extérieur de deux mécanismes Walschaerts, a été munie à l'intérieur, pour motif de construction, de deux coulisses de Stephenson avec arbres de renvoi.

Du côté belge, la coulisse de Stephenson n'était appliquée qu'aux locomotives de l'État belge des types 15, 18, 32 et 35 dont les trois premiers sont importés d'Angleterre. Dans celles de ces machines qui ont été pourvues d'un surchauffeur et, par suite, de tiroirs cylindriques, l'attaque de ceux-ci se fait par un rocking-shaft.

Il suit de là que sur un total de $2 \times 23 + 4 \times 9 = 82$ mécanismes distributeurs, soixante-deux étaient du type Walschaerts et vingt seulement du type Stephenson.

Distribution Walschaerts.

La préférence qui depuis quelques années se manifeste en faveur du mécanisme de distribution de Walschaerts — qu'en Allemagne on attribue à Heusinger de Waldegg — a été souvent remarquée. Elle s'explique surtout par la facilité que donne ce mécanisme de commander, sans renvoi, des tiroirs placés au-

(1) Les tiroirs cylindriques de la Compagnie de l'Est ont fait l'objet d'une communication antérieure de M. Pelletier. Voir le Bulletin de septembre 1902.

dessus des cylindres et dont le mouvement est parallèle à celui des pistons.

On fait aussi valoir en faveur de la distribution Walschaerts la propriété qu'elle possède de donner des avances linéaires constantes. Mais cette propriété, qui d'ailleurs ne lui est pas particulière, ne semble pas avoir, en pratique, toute l'importance qu'on a été tenté de lui attribuer.

Une autre propriété du même mécanisme, qui n'est vraisemblablement pas étrangère à la faveur dont il jouit, est la suivante :

Les distributions à coulisses et à deux excentriques sont des distributions très symétriques en ce sens qu'à deux positions angulaires des manivelles distantes de 180 degrés l'une de l'autre correspondent des élongations du tiroir sensiblement égales, en avant et en arrière de sa position moyenne. Mais à ces deux mêmes positions angulaires de la manivelle ne correspondent pas, pour le piston, des positions équidistantes des points morts, à cause des perturbations dues à l'obliquité de la bielle motrice. Il en résulte que, si la distribution a été réglée de manière à assurer l'égalité des ouvertures maxima des lumières, les diverses phases de la distribution sont nécessairement inégales. En particulier, les degrés d'admission à l'avant et à l'arrière du piston, évalués en fractions de la course, peuvent être très différents.

La distribution Walschaerts ne possède pas la symétrie propre des distributions à deux excentriques et cependant tout en assurant aux deux lumières des ouvertures maxima égales, elle fournit, à l'avant et à l'arrière du piston, des degrés d'admission peu différents. Il est facile de se rendre compte, en effet, qu'en faisant dériver le mouvement du tiroir de celui d'un pendule dont une extrémité est actionnée par la crosse, autrement dit par la petite tête de la bielle motrice, on atténue, dans une large mesure, les inégalités résultant pour les phases de la distribution de l'obliquité de cette bielle.

Soit OM (*fig. 154*) la manivelle motrice d'une machine dans sa position perpendiculaire à la ligne des points morts, et supposons provisoirement que la bielle motrice et la tige du tiroir aient une longueur infinie. Dans ces conditions, le piston P sera exactement dans sa position moyenne, c'est-à-dire à égale distance des points morts, et si la distribution, disposée pour admettre à 50 0/0 de la course, a été réglée à ouvertures maxima

égales, il n'y a pas de raison pour que les admissions à l'avant et à l'arrière du piston diffèrent sensiblement de 50 0/0. La position du tiroir qui correspond à l'orientation OM de la manivelle motrice et à la position P du piston est donc, à très peu de chose près, celle de la fermeture de la lumière arrière.

Remplaçons actuellement la bielle infinie par une bielle de longueur finie MN'. La position du piston qui correspond à la

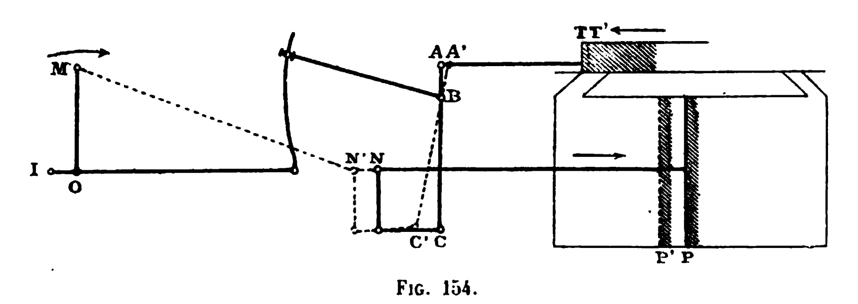


Fig. 154.

position OM de la manivelle n'est plus P, mais P', plus rapprochée du point mort arrière de la quantité PP' = NN' = MN' — ON'.

Si la distribution est du type Stephenson, le tiroir n'aura subi, du fait de cette substitution et du raccourcissement corrélatif de la tige du tiroir, aucun déplacement par rapport aux lumières. Si donc PP' représente 5 0/0 de la course du piston, et c'est là une valeur assez courante du déplacement en question, l'admission sur la face arrière du piston ne sera plus que de 45 0/0 de la course, tandis que l'admission sur la face avant atteindra 55 0/0. Entre les admissions avant et arrière, il aura donc été créé un écart relativement important de 10 0/0 de la course du piston.

Si le mécanisme de distribution est au contraire du type Walschaerts, comme nous l'avons supposé dans la figure, le point B seul restera immobile, et le point C venant se transporter en C', tel que CC' = PP', A viendra en A' et l'arête T du tiroir en T'. Donc, lorsque sous l'action de la vapeur le piston aura parcouru les quarante-cinq premiers centièmes de sa course, le tiroir ne sera pas encore sur le point de fermer la lumière et l'admission sera visiblement de plus de 45 0/0. On montrerait de même que sur la face avant du piston l'admission sera de moins de 55 0/0, et, comme ce raisonnement subsiste pour un degré moyen d'admission quelconque, on peut en conclure que, d'une manière

générale, les écarts entre les admissions avant et arrière sont notablement moindres avec la distribution de Walschaerts qu'avec la distribution de Stephenson.

Ils seraient même rigoureusement nuls, si le point B du pendule restait immobile pendant que, sous l'action de la vapeur, le piston se déplace de la quantité P'P représentant, pour un cran quelconque, l'écart existant entre la position actuelle du piston et celle qu'il occuperait si la bielle était infiniment grande. Or, c'est précisément ce qui a lieu dans le cas de la figure 154, c'est-à-dire pour l'admission moyenne de 50 0/0. En effet, tandis que le piston se transporte de P' en P, le point I, centre de l'excentrique unique, se déplace normalement à l'axe du cylindre et n'est en mesure de communiquer à la coulisse qu'un déplacement angulaire négligeable.

Il en est naturellement de même pour l'admission moyenne de 50 0/0 en marche arrière et comme, d'autre part, l'immobilité du point B est toujours assurée lorsque la distribution est au point mort, on peut dire *qu'il existe pour la distribution Walschaerts trois crans différents pour lesquels le réglage à ouvertures maxima égales et le réglage à admissions égales donnent des résultats que, pratiquement, on peut considérer comme identiques.*

Dispositions diverses du mécanisme Walschaerts.

La disposition la plus habituelle du mécanisme Walschaerts est celle que représente la figure 154. C'est celle qui est généralement appliquée aux locomotives à deux cylindres et à tiroirs plans.

On sait d'ailleurs que si OM et OI *(fig. 155)* représentent respectivement, en grandeur et position, la manivelle motrice et l'excentrique réel ou fictif qui donne, ou pourrait donner, son mouvement réel au coulisseau, il suffit de tirer la droite MI et d'y prendre le point A tel que les segments MI et IA soient dans le rapport de ceux du pendule ou levier d'avance, pour avoir immédiatement en OA, en grandeur et position, l'excentrique fictif qui donnerait au tiroir son mouvement réel.

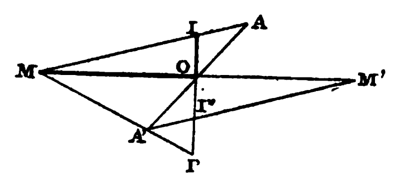


Fig. 155.

Or, quand il s'agit d'actionner des tiroirs cylindriques à ad-

mission centrale, le mouvement à donner aux tiroirs n'est pas celui de l'excentrique fictif OA, mais bien celui de l'excentrique OA′, égal et directement opposé au premier. Trois solutions sont alors en présence :

1° On peut remplacer l'excentrique OI par l'excentrique OI′ et employer un pendule dont les segments soient entre eux comme MA′ et A′I′. En ce cas, le pendule est actionné par ses deux extrémités et c'est par un point intermédiaire qu'il commande lui-même le tiroir;

2° On peut également remplacer l'excentrique OI par son sy-

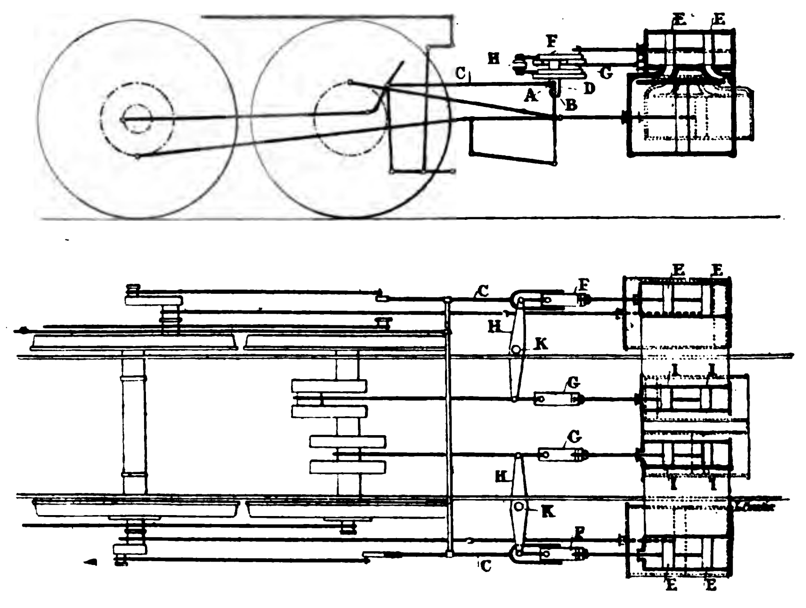


Fig. 156 et 157. — Schéma du mécanisme distributeur des locomotives type 19 et 19 *bis* de l'État belge.

métrique OI″ et la manivelle OM par une manivelle OM′ orientée à 180 degrés de la première;

3° Enfin, on peut appliquer la solution générale des rocking-shafts, ou leviers de renvoi, qui permettent de transformer le mouvement donné par l'excentrique OA en celui que donnerait l'excentrique OA′ et réciproquement.

La première solution a été appliquée aux locomotives des types 19 et 19 *bis* de l'État belge pour la commande des tiroirs extérieurs. On a eu ensuite recours à la troisième pour transmettre le mouvement aux tiroirs intérieurs (*fig. 156 et 157*).

La seconde solution a trouvé son application à la locomotive à quatre cylindres égaux et à vapeur surchauffée. Les mécanismes extérieurs présentent la disposition classique, mais, au lieu de commander les tiroirs extérieurs, ils actionnent, au moyen de leviers-pendules calés sur des arbres horizontaux, les distribu-

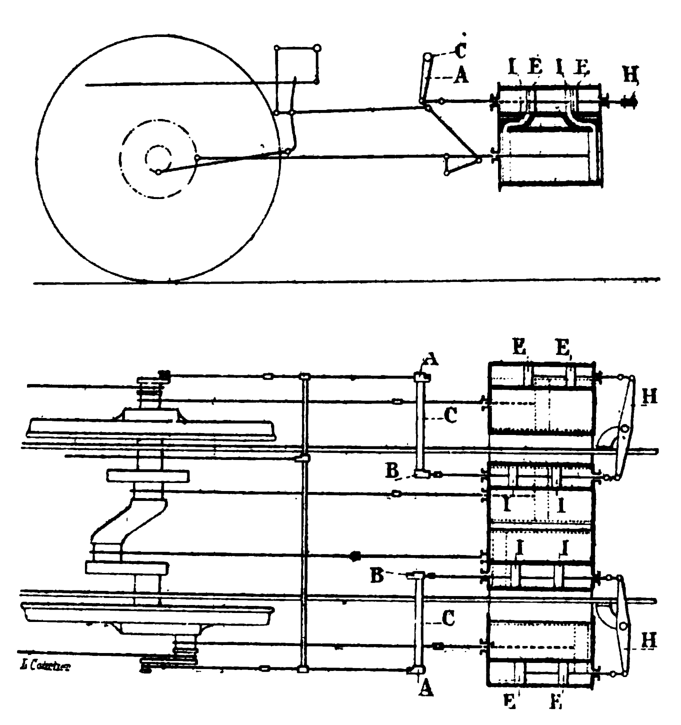


Fig. 158 et 159. — Schéma du mécanisme distributeur de la locomotive à quatre cylindres égaux de l'État belge.

teurs intérieurs. Des leviers de renvoi, placés à l'avant des cylindres, transmettent ensuite le mouvement des tiroirs intérieurs aux tiroirs extérieurs, comme dans le cas précédent, par application de la troisième solution *(fig. 158 et 159)*.

Distribution Nadal.

Par le système de distribution mis à l'essai sur la locomotive n° 2754, compound à deux cylindres, de l'État français, M. Nadal s'est proposé de réaliser la constance des compressions et de limiter ainsi l'importance de ces phases, qui, lorsque les précautions nécessaires n'ont pas été prises, peuvent exercer une in-

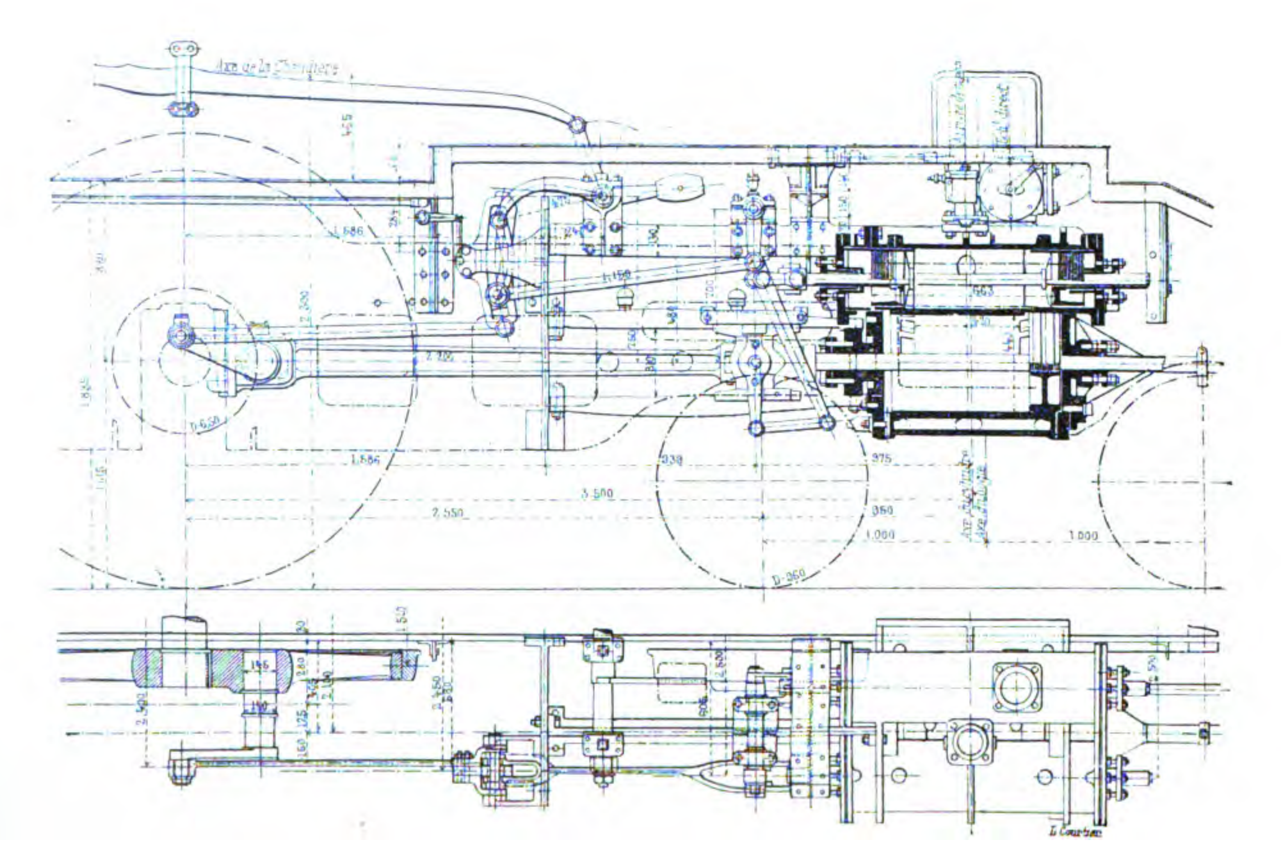


Fig. 160 et 161. — Mécanisme distributeur de la locomotive à grande vitesse, compound à deux cylindres, des Chemins de fer de l'État français.

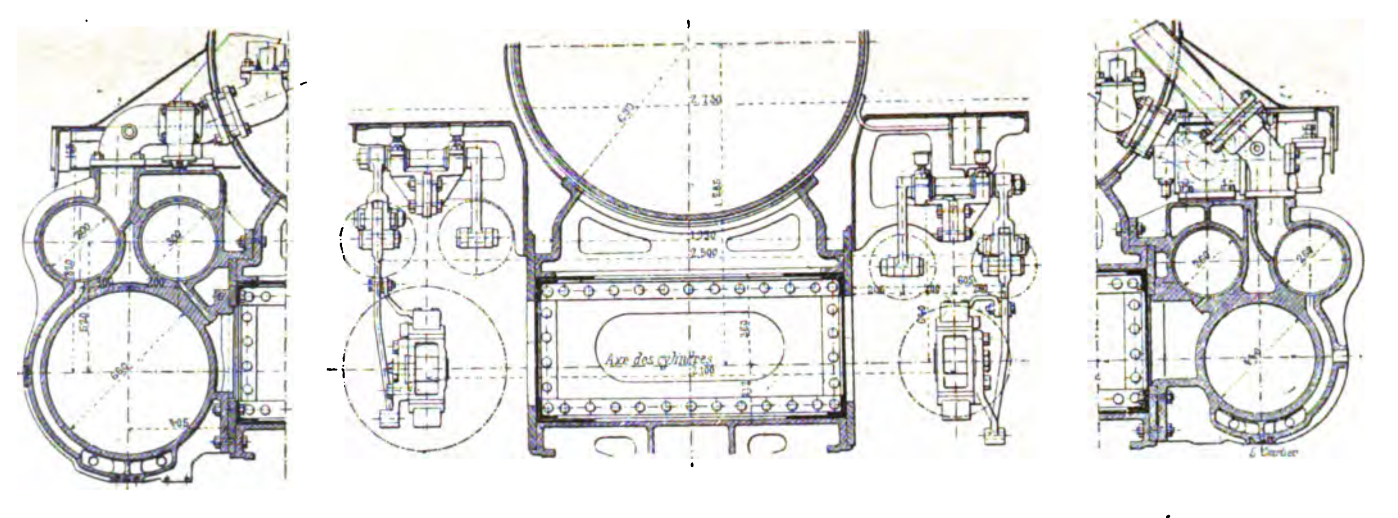


FIG. 162 à 164. — Mécanisme distributeur de la locomotive à grande vitesse, compound à deux cylindres, de l'État français.

fluence fâcheuse sur l'allure des locomotives à double expansion. A cet effet, l'échappement a été rendu indépendant de l'admission : tandis que celle-ci s'effectue, de chaque côté de la machine, par les arêtes intérieures d'un tiroir cylindrique actionné par un mécanisme de Walschaerts, l'échappement est gouverné par les arêtes extérieures d'un tiroir spécial, également cylindrique et dont le mouvement, emprunté au boulon d'articulation d'avant de la bielle du coulisseau, lui est transmis, légèrement amplifié, par des leviers-pendules solidaires d'un arbre horizontal.

Les tiroirs d'échappement peuvent donc être considérés comme étant conduits par un excentrique fictif dont l'angle d'avance serait constamment nul. S'ils n'avaient, en outre, aucun découvrement, ils recouvriraient les lumières pendant toute la course d'aller du piston et les découvriraient pendant toute la course de retour : il n'y aurait donc pas d'échappement anticipé. Un découvrement assez fort est par suite nécessaire ; mais alors les lumières d'échappement, démasquées avant que le piston ait achevé sa course directe, restent découvertes par le tiroir, non seulement pendant toute la course rétrograde, mais encore pendant le début de la course directe suivante, alors que la vapeur est admise du même côté du piston par le tiroir d'admission. Pour éviter que la vapeur ne se rende directement de la boîte à vapeur dans les lumières d'échappement sans avoir accompli aucun travail sur le piston, M. Nadal a soin de placer ces lumières à la distance voulue du fond du cylindre pour que le piston moteur les recouvre entièrement quand il lui reste à parcourir 12 0/0 de sa course de retour.

L'importance totale des phases de compression et de contre-admission est donc constante et indépendante du degré d'admission. Les avances linéaires à l'admission et à l'échappement sont également constantes pour tous les crans de marche.

Ainsi que le fait remarquer M. Nadal, cette distribution ne conviendrait pas à une machine à simple expansion, parce que les tiroirs d'échappement restent immobiles quand le coulisseau est au point mort de la coulisse, mais elle s'adapte fort bien au système compound où l'importance de l'admission ne descend jamais au-dessous de 30 0/0 de la course du piston.

Appareils de changement de marche.

Il y a peu d'années encore, il était d'usage de placer les appareils de changement de marche à droite. Depuis que pour accroître la puissance des machines on a dû allonger, élargir et surhausser les chaudières, la plupart des Administrations qui admettent la circulation à gauche ont décidé de transporter à gauche les appareils en question, afin de faciliter aux mécaniciens l'observation des signaux. Les locomotives des Compagnies du Nord, de l'Est, de l'Ouest, d'Orléans et du Midi et celles des types les plus récents de l'État belge avaient leurs appareils de changement de marche à gauche.

Appareil Flamme-Rongy.

Parmi ceux qui ne gouvernent qu'une seule barre de relevage, nous devons une mention spéciale à l'appareil à vapeur du système Flamme-Rongy appliqué à des locomotives de l'État belge, notamment des types 35, 19, 19 *bis* et à quatre cylindres égaux. Il se compose essentiellement d'un servo-moteur S gouverné par un distributeur D et actionnant la barre de changement de marche AB. Celle-ci est articulée, en A, à un levier principal OL mobile autour de l'axe fixe O. Le distributeur est commandé par un levier de manœuvre *l* que le mécanicien peut déplacer à volonté sur un secteur denté grâce à une manette doublée d'un verrou à ressort. Ce levier se meut autour d'un axe I porté par un prolongement du levier principal et son articulation E avec la bielle de commande du distributeur satisfait à la condition

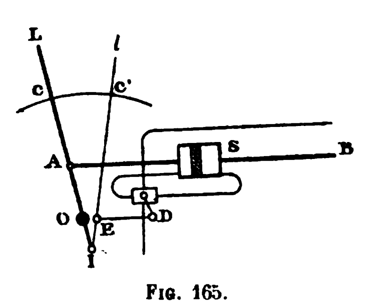


Fig. 165.

$$IE = IO.$$

Le distributeur est un robinet à quatre voies qui permet d'admettre la vapeur sur l'une ou l'autre face du piston du servomoteur, en même temps qu'il met la face opposée de cet organe en communication avec un tuyau de purge. Les orifices d'ad-

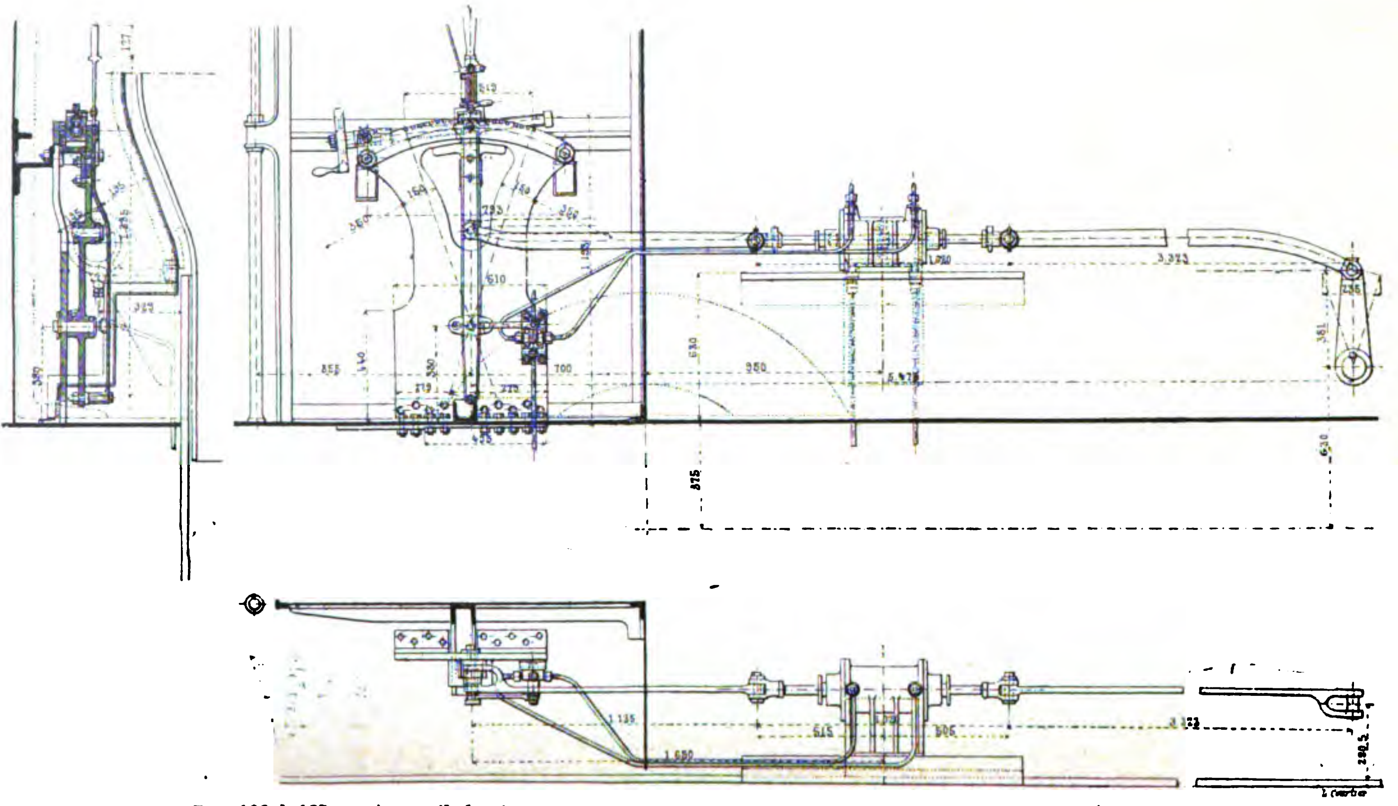


Fig. 166 à 168. — Appareil de changement de marche à vapeur des locomotives type 35 de l'État belge.

mission ne sont entièrement fermés que lorsque les axes E et O coïncident, c'est-à-dire quand les leviers *l* et L se superposent, ce qui est leur position relative normale.

Supposons que le mécanicien veuille déplacer le levier L du cran C au cran C′ : il lui suffira de transporter du cran C au cran C′ le levier de manœuvre *l*. En effet, le point E cessant de coïncider avec O, le distributeur démasque l'orifice d'admission arrière du servo-moteur, et la barre AB se déplace sous l'action de la vapeur jusqu'à ce que les deux leviers se superposent de nouveau.

A défaut du servo-moteur, le levier principal peut être actionné à l'aide d'une vis et d'un volant. Articulée à une de ses extrémités au chevalet de changement de marche et soutenue à l'avant par une bague à tourillons portée par le levier principal, la vis s'incline à la demande du levier et n'oppose aucune résistance à son mouvement tant que, par la manœuvre d'un peigne ou demi-écrou, abaissé à la façon d'un verrou à ressort, l'enclenchement n'a pas été établi. Un cliquet adapté au chevalet de l'appareil et pouvant pénétrer dans les crans d'un rochet solidaire du volant permet d'immobiliser la vis et de fixer le levier principal dans des positions intermédiaires entre celles correspondant aux crans successifs du secteur.

Appareil de changement de marche des locomotives a quatre essieux accouplés de la Compagnie du Midi et a deux essieux accouplés de la Compagnie du Nord.

Sur la plupart des machines pourvues de deux barres de changement de marche distinctes, ces barres sont commandées par deux vis de changement de marche qu'un volant unique permet de manœuvrer, soit simultanément, soit successivement.

Ordinairement, les deux vis sont placées dans le prolongement l'une de l'autre. Celle qui gouverne la haute pression est placée à l'avant et se prolonge vers l'arrière par une partie lisse, à aquelle la vis de la basse pression, qui est creuse, constitue un ourreau. Monté à l'arrière de la vis creuse, le volant est fou sur on axe. Il est compris entre deux rochets dont l'un, celui l'avant, est solidaire de la vis B. P., tandis que l'autre est soliaire de la vis H. P. Deux verrous mobiles en sens contraires et

actionnés par une même manette fixée au volant peuvent s'engager dans les crans des rochets. Lorsque la manette est dans sa position moyenne, les deux verrous sont engagés à moitié dans les crans des rochets correspondants et la manœuvre du volant déplace à la fois, dans le même sens, les deux écrous de changement de marche. Mais si la manette est placée dans l'une ou l'autre de ses positions extrêmes, l'un des verrous est engagé à fond dans le rochet correspondant, tandis que l'autre est complètement déclenché, et la manœuvre du volant ne fait mouvoir que l'une ou l'autre des deux vis, qui sont alors complètement indépendantes.

Un troisième verrou porté par le bâti de l'appareil permet d'immobiliser le rochet de la vis B. P. et, avec le secours des autres verrous, l'ensemble des deux vis.

Tel est, notamment, l'appareil de changement de marche de la locomotive à quatre essieux accouplés de la Compagnie du Midi.

Celui qui a été appliqué à la locomotive Atlantic de la Compagnie du Nord en diffère par l'absence du rochet arrière et par la permanence de la solidarité établie entre le volant de manœuvre et la vis H. P. Le fonctionnement de l'appareil est alors semblable à celui de la locomotive à trois essieux accouplés de la Compagnie de l'Est que nous allons décrire.

Appareil de changement de marche de la locomotive de la Compagnie de l'Est.

Les deux vis de changement de marche de cette locomotive, au lieu d'être placées dans le prolongement l'une de l'autre, sont l'une au-dessus de l'autre. Monté fou sur la vis B. P., le volant commande la vis H. P. par le moyen de deux pignons dentés solidaires l'un du volant, l'autre de la vis. D'autre part, un verrou mobile porté par le volant peut pénétrer dans les crans d'un rochet calé sur la vis B. P. Dans ces conditions, la manœuvre du volant permet de mouvoir simultanément les deux vis ou la vis H. P. seule, suivant que le rochet de la vis B. P. est enclenché ou non par le verrou. Mais la vis B. P. ne peut être manœuvrée indépendamment de l'autre vis.

Un second verrou, porté par le bâti, et qui commande un second rochet solidaire de la vis B. P., permet d'immobiliser cette vis, et, par suite, l'ensemble de l'appareil.

Appareil de changement de marche de la locomotive P.-L.-M.

L'appareil de changement de marche de la locomotive P.-L.-M. est établi de manière à réaliser aux grands cylindres une admission à peu près constante et égale aux sept dixièmes environ de la course du piston. Il ne comporte qu'une seule vis et un seul écrou gouvernant la distribution H. P. Mais cet écrou se meut dans une coulisse rectiligne, parallèle à la vis, susceptible d'être déplacée vers l'avant ou vers l'arrière et à laquelle est articulée

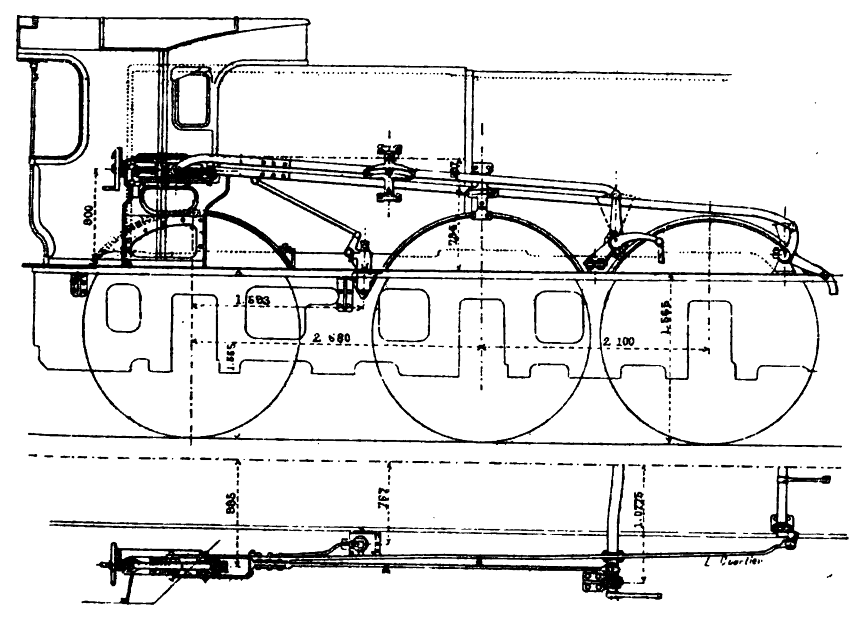


Fig. 169 et 170. — Appareil de changement de marche de la locomotive n° 2604 de la Compagnie P.-L.-M.

la barre B. P. Cette coulisse, normalement verrouillée dans une de ses positions extrêmes, est assez longue pour que l'on puisse, sans déplacer la barre B. P., donner à l'écrou H. P. toutes les positions utiles compatibles avec le sens actuel de la marche. Mais si le mécanicien vient à changer ce sens, l'écrou, franchissant le point mort, atteint l'extrémité de la coulisse, la déverrouille et l'entraîne dans son mouvement jusqu'à ce que, arrivée à fond de course en même temps que l'écrou, la coulisse se reverrouille de nouveau automatiquement par le jeu d'un verrou placé à son autre extrémité.

Pour empêcher les mouvements brusques que pourrait faire la barre B. P. dans le cas où le mécanicien viendrait à changer le sens de la marche pendant que la machine est en mouvement, on l'a rendue solidaire d'un piston percé de trous, mobile dans un cylindre rempli d'un liquide.

Appareil de changement de marche de la locomotive « Atlantic » de l'État belge.

L'appareil de changement de marche de l'*Atlantic* belge, la seule des locomotives de l'État belge qui fût pourvue de quatre mécanismes de distribution distincts et de deux barres de changement de marche, comprend deux appareils à vapeur du système Flamme-Rongy placés l'un devant l'autre.

Le levier de commande de l'appareil antérieur qui est celui

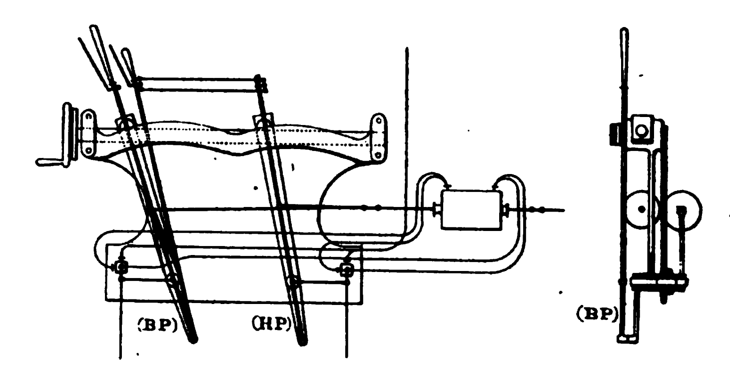


Fig. 171 et 172. — Schémas de l'appareil de changement de marche de la locomotive Atlantic de l'État belge.

du mécanisme H. P. étant peu accessible, on l'a accouplé à une sorte de levier répétiteur porté par l'appareil d'arrière et dont l'axe de rotation est d'ailleurs commun au levier de manœuvre de ce dernier appareil. L'accouplement est réalisé par deux bielles permettant d'actionner le verrou du levier d'avant par la manette de son répétiteur.

Une même vis dont l'horizontalité est assurée, dans ce cas, par deux paliers extrêmes peut être utilisée, le cas échéant, à la manœuvre, successive ou simultanée, des deux leviers principaux. A cet effet, les tourillons des bagues traversées par la vis peuvent coulisser dans deux rainures longitudinales pratiquées dans les deux flasques de chaque levier. Suivant qu'on

abaisse un seul des deux peignes ou tous les deux, la manœuvre du volant fait mouvoir l'un des leviers ou les deux simultanément.

Appareil de changement de marche de la locomotive a deux bogies moteurs de la Compagnie du Nord.

Une certaine flexibilité, imposée par la mobilité relative des bogies par rapport au châssis principal, était une condition d'établissement essentielle de l'appareil de relevage de la locomotive à deux bogies moteurs de la Compagnie du Nord. Elle a été réalisée de la manière suivante.

Dans chaque bogie, l'arbre de relevage est attaqué directement par une vis dont l'écrou peut osciller dans la fourche du levier de commande. Cette vis, pourvue d'un palier de butée articulé à l'entretoise des longerons, est actionnée par un arbre

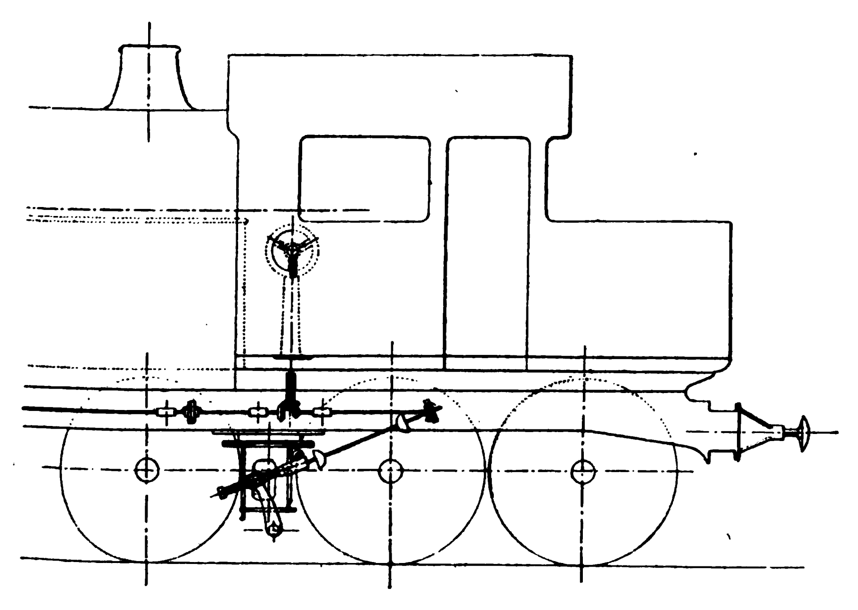


Fig. 173. — Appareil de changement de marche de la locomotive 6121 de la Compagnie du Nord.

oblique qui en forme le prolongement et qui est pourvu de deux cardans. L'arbre oblique est commandé lui-même, au moyen d'un engrenage hyperbolique logé dans un carter, par un *arbre longitudinal* que supportent des paliers réglables fixés à la poutre

qui constitue le châssis principal. La roue dentée que porte l'arbre oblique, n'est d'ailleurs pas solidaire de cet arbre sur lequel elle peut coulisser parallèlement à son axe. Grâce à cette disposition, le mouvement de rotation de l'arbre longitudinal peut être transmis à la vis dans toutes les positions du bogie.

Les arbres longitudinaux sont mis en mouvement par la manœuvre d'un volant de changement de marche unique, grâce à un mécanisme de transmission logé en grande partie dans une colonne verticale en fonte et composé d'arbres pleins, d'arbres creux enveloppant les premiers et d'engrenages coniques. Les arbres pleins commandent l'arbre longitudinal H. P. et obéissent à tout mouvement de rotation imprimé au volant. Les arbres creux actionnent l'arbre longitudinal B. P. et peuvent être embrayés à volonté sur les arbres pleins. On peut ainsi manœuvrer le mécanisme de relevage H. P. seul ou les mécanismes H. P. et B. P. simultanément.

Le volant de changement de marche peut être manœuvré soit à la main, soit à l'aide d'un moteur à air comprimé logé dans le corps du volant et asservi par la poignée (1). Enfin, des aiguilles indicatrices, mises en mouvement par des écrous que des parties taraudées des arbres de transmission font monter ou descendre dans l'intérieur de la colonne verticale, sont placées sous les yeux du mécanicien et lui indiquent, à chaque instant, sur une graduation *ad hoc*, les degrés d'admission réalisés aux deux groupes de cylindres.

Nous avons épuisé la série des questions que nous nous étions proposé de traiter dans le présent compte rendu de l'Exposition des locomotives à Liége.

Cette Exposition, avons-nous dit, était instructive au premier chef. Nous pouvons ajouter que les enseignements qui s'en dégagent ne sont pas limités aux seuls pays participants. Il y a bien des années déjà qu'on a signalé la convergence progressive des types de locomotives usités dans les divers pays, convergence qui va en s'accentuant à mesure qu'on réclame de plus grandes puissances et de plus grandes vitesses, qu'on utilise plus complètement la section du gabarit, qu'on est mieux renseigné sur les conditions de stabilité des machines. Aussi les tendances que nous avons signalées tout le long de ce mémoire sont-elles, à peu

(1) Reconnu inutile ce moteur a été ultérieurement supprimé.

de chose près, de tous les pays. Partout on s'efforce d'accroître la puissance et la durée des générateurs, partout on cherche à améliorer le rendement des moteurs, notamment en généralisant l'emploi de la double expansion et en poursuivant la solution pratique des problèmes que comporte la surchauffe.

La traction à vapeur est donc loin d'avoir dit son dernier mot. Un jour viendra sans doute, où elle devra céder la place à la traction électrique, non seulement sur les lignes de montagne, qui utilisent la houille blanche, et sur les réseaux urbains ou suburbains, mais encore sur les grandes lignes. Ce qui semble certain, c'est que ce jour n'est pas proche, et que la locomotive à vapeur aura le temps, d'ici là, d'accomplir encore bien des progrès. Il est même permis de penser que, dans l'histoire de son évolution, l'époque actuelle aura été une des plus importantes et une des plus fécondes.

TABLE DES MATIÈRES

Troisième Partie. — Utilisation de la vapeur.

OBSERVATIONS

AU SUJET DU MÉMOIRE DE M. HERDNER

SUR

LES LOCOMOTIVES A L'EXPOSITION DE LIÉGE

PAR

M. A. MALLET

En lisant dans le mémoire magistral de M. Herdner la partie consacrée à l'historique sommaire du développement de la locomotive compound, nous avons éprouvé une vive satisfaction à voir une personnalité aussi autorisée du monde des chemins de fer s'appliquer à relever la forme à deux cylindres de l'espèce de discrédit parfaitement injustifié où elle était restée depuis sa naissance jusqu'à ces derniers temps, en France du moins, car à l'étranger, au contraire, elle avait dès le début reçu un accueil empressé et s'y était rapidement développée, comme le constate l'auteur du mémoire.

Quelques-uns de nos collègues se rappellent peut-être avec quelle froideur fut reçue la locomotive de ce type exposée par nous à Paris, en 1878, et combien elle souleva de critiques.

Par une singulière coïncidence, le journal *Engineer* rappelait ce fait dans son numéro du 17 septembre dernier, au cours d'un article sur l'origine de la locomotive compound et citait à ce sujet l'anecdote suivante : Un Ingénieur français des plus éminents, s'arrêtant devant la locomotive en question, disait à ses voisins : « Voici, Messieurs, une locomotive comme on ne devrait jamais en construire. » La phrase qui précède est en français dans le texte de l'article du journal anglais.

Il n'y a pas encore dix ans qu'on pouvait lire dans le procè verbal d'une séance de notre Societé (7 octobre 1898, page 5 les lignes suivantes : « On ne trouverait aujourd'hui, ni France ni en Angleterre, un Ingénieur en chef pour adopt une locomotive compound à deux cylindres, preuve évidente

la médiocrité du système (1) ». Nous pourrions multiplier ces citations ; les appréciations qui précèdent étaient dictées par des préventions personnelles dont le temps a fait justice, mais l'ostracisme rigoureux qu'a subi si longtemps en France le type à deux cylindres a tenu surtout, selon toute probabilité, à des raisons étrangères à la question technique et dont l'examen ne saurait trouver place ici.

Ce que nous tenons à rappeler aujourd'hui, alors que les difficultés des premiers temps sont oubliées en présence du prodigieux développement de la locomotive à double expansion, c'est que la disposition à deux cylindres, laquelle, en définitive, comme le constate M. Herdner, s'est montrée au moins aussi avantageuse qu'une autre dans les limites de son emploi, s'imposait au début par la nécessité de modifier le moins possible les arrangements des machines existantes, si l'on voulait faire accepter le principe. Nous rappellerons que, lors de la commande faite au Creusot, en 1875, des trois premières locomotives compound du chemin de fer de Bayonne à Biarritz, il fut stipulé que, si, pour une raison quelconque, le système compound ne donnait pas satisfaction, les machines devraient être rétablies dans le système ordinaire; il fallait donc pour cela s'écarter le moins possible des dispositions courantes.

Pour répondre à l'objection de la complication prétendue amenée par l'introduction de la double expansion et pour ne pas heurter les idées très conservatrices alors en cours dans le monde des chemins de fer, nous allâmes jusqu'à déguiser pour ainsi dire les premières machines compound et nous ne pouvons résister au désir de citer à ce sujet une anecdote dont nous garantissons l'authenticité.

Un membre de la Société, vieil Ingénieur de traction, aimé et estimé de tous, qui nous témoignait beaucoup de bienveillance, tout en nous voyant avec regret nous embarquer, disait-il, dans des innovations qui ne mèneraient à rien, crut devoir, en voyant la machine de l'Exposition de 1878, nous féliciter d'avoir renoncé à nos chimères et fait une locomotive comme toutes les

(1) C'est presque exactement à l'époque de cette déclaration, et comme pour lui infliger un démenti officiel, que la Compagnie des chemins de fer du Midi commença la transformation en compound à deux cylindres de ses anciennes machines. Cette opération était d'autant plus intéressante que cette Compagnie avait, pendant plus de vingt années, vu circuler à faible distance de ses voies les locomotives compound du petit chemin de fer de Bayonne à Biarritz sans paraître y faire la moindre attention. Ce revirement, s'il est dû, comme nous le croyons, à l'initiative de M. Herdner, lui fait le plus grand honneur.



autres. En effet, le petit cylindre était entouré d'une enveloppe de même diamètre que le grand cylindre, le tiroir de démarrage était peu apparent et se trouvait sur le côté de la machine que ne voyait pas le public. Nous eûmes quelque peine à démontrer à notre collègue que, sous son air innocent, la locomotive en question renfermait des innovations très révolutionnaires et que la meilleure preuve que ces innovations pouvaient être réalisées sans aucune complication, c'est qu'il ne s'en apercevait pas. Nous ne pûmes que l'étonner sans le convertir, toutefois, à la double expansion. Il mourut du reste sans avoir eu le temps de voir sa Compagnie s'engager, plus tard, dans des innovations bien plus hardies.

Disons tout de suite que Borodine, lorsqu'il nous chargea, en 1879, de l'étude de la transformation de la machine du Sud-Ouest Russe, repoussa hautement ces compromissions; « il faut avoir le courage de son opinion, disait-il, on doit voir immédiatement que notre machine est une machine compound ».

L'introduction, que nous avons eu la bonne fortune de pouvoir faire, de la double expansion en Russie d'abord (avec Borodine), puis en Autriche et en Suisse, s'est produite par voie de transformation de machines existantes, on conçoit dès lors que l'emploi de la forme à deux cylindres s'imposait. Il n'est pas sans intérêt de rappeler en passant que deux de ces pays sont ceux où le système compound est actuellement le plus répandu. La Russie a plus de 50 0/0 de son effectif en locomotives à double expansion ; quant à la Suisse, au 1er janvier de cette année, la proportion était de 38 0/0 pour les lignes principales à voie normale et de 45 0/0 pour les chemins de fer fédéraux.

En résumé, la locomotive compound à deux cylindres, n'eut-elle pas une valeur réelle par elle-même, ce qui n'est pas le cas, aura toujours, croyons-nous, une place honorable dans l'histoire des progrès de la locomotive, parce qu'elle a, comme nous le disions dans la notice nécrologique sur A. de Borodine (octobre 1898), été le coin qui a fait pénétrer le principe de la double expansion dans le milieu, très réfractaire alors, des chemins de fer.

Avant de quitter le sujet de la locomotive compound, nous désirons indiquer simplement un point très peu connu de son histoire.

La disposition comportant deux groupes de cylindres, l'un à haute, l'autre à basse pression, actionnant deux essieux sup-

portant un châssis unique et rigide, a été proposée pour la première fois, en 1865, par notre regretté collègue et ami Jules Morandiere. En 1872, Dawes proposa la même disposition, mais avec quatre cylindres (Morandiere n'en indiquait que trois). En 1881, Webb réalisa son système, basé sur le même principe, avec trois cylindres. Enfin, en 1884, une locomotive fut construite pour le Chemin de fer du Nord, sur les plans de M. de Glehn, dans le même type et avec quatre cylindres. Dans aucune de ces machines proposées ou exécutées il n'y avait d'accouplement entre les deux essieux commandés par les cylindres, car l'emploi de plus de deux cylindres paraît avoir, dans l'esprit de ces auteurs, surtout eu pour objectif de remplacer l'accouplement des essieux. Or, c'est l'introduction de cet accouplement qui a permis de retirer de cette disposition de locomotive tous les avantages qu'elle était susceptible de donner, en réalisant notamment l'équilibre des pièces en mouvement des mécanismes par des calages relatifs appropriés des manivelles des deux essieux et en assurant une grande puissance de démarrage. Cet accouplement a été réalisé, vers 1889, a peu près simultanément au Chemin de fer du Nord et au Chemin de fer de Paris-Lyon-Méditerranée et a amené la création des types de locomotives actuellement si employés, surtout sur les réseaux français. Il avait été cependant indiqué auparavant et cela précisément dans les Bulletins de notre Société. Ce fait fut rappelé par le regretté professeur et Ingénieur von Borries, dans un rapport sur le développement de la locomotive compound, rapport lu au Congrès du Génie Civil, à Chicago, en 1893, et inséré dans le volume XIV des « Transactions of the American Society of Mechanical Engineers », où la phrase suivante se trouve à la page 1183.

« La disposition consistant à commander un essieu par une paire de cylindres à haute pression et un autre essieu par une paire de cylindres à basse pression, *ces deux essieux étant accouplés* ou ne l'étant pas, placés dans un châssis rigide unique ou dans deux châssis articulés ensemble, a été indiquée pour la première fois par M. Mallet dans son Mémoire de 1877, page 958, du Bulletin de la Société des Ingénieurs civils et, par conséquent, les machines présentant ces dispositions devraient porter la mention de système Mallet. »

Ce fait, mentionné par un écrivain allemand et qui témoigne hautement de son impartialité, n'a croyons-nous, été indiqué

dans aucune publication française. Si nous le faisons connaître ici, ce n'est nullement pour en tirer honneur, mais simplement pour rappeler que les mémoires de notre Société contiennent, depuis 1876 jusqu'à ce jour, les documents les plus complets et les plus précis sur l'origine et le développement de la locomotive compound et que l'écrivain qui voudra écrire un jour cette histoire pourra y puiser les matériaux les plus utiles pour son travail.

A propos de la surchauffe, M. Herdner a indiqué que, si certains Ingénieurs considèrent celle-ci comme devant supplanter la double expansion, d'autres cherchent à associer les deux progrès. Nous pouvons citer un exemple intéressant de cette combinaison, c'est l'application faite de la surchauffe par le Chemin de fer de Moscou-Kazan, à 30 de ses machines à marchandises, de notre système articulé, dont une était exposée à Vincennes, en 1900. La double expansion étant, en dehors de ses avantages économiques, employée dans ce type de locomotives pour faciliter la réalisation d'une machine très flexible, les deux progrès visent des buts différents et ne se font aucune concurrence. L'application dont nous parlons ici ayant été faite en plusieurs étapes successives, il semble bien que les résultats obtenus aient été satisfaisants.

Il serait puéril de se dissimuler l'importance du mouvement qui se produit en ce moment en faveur de la surchauffe. Le numéro du 15 septembre dernier des *Annales de Glaser* indique, pour le seul surchauffeur Schmidt, un total de 1 137 locomotives en service ou en construction, dont 852 pour l'Allemagne. Nous croyons intéressant de signaler à ce sujet que le modèle formé de tubes de surchauffe en U logés dans des tubes à fumée de plus gros diamètre que les autres, modèle très employé en Allemagne, n'est pas autre chose comme disposition générale que le surchauffeur proposé pour les locomotives par de Quillacq et Moncheuil, il y a plus d'un demi-siècle (brevet du 29 juin 1850).

CHRONIQUE

N° 321

Sommaire. — Mouvement des voyageurs sur les lignes transatlantiques. — Les automates (*suite et fin*). — La navigation à vapeur sur le lac Victoria. — La nature des alliages. — Le lait desséché et sa préparation.

Mouvement des voyageurs sur les lignes transatlantiques. — Les rapports sur les voyageurs débarqués à New-York par les diverses lignes transatlantiques, au cours de l'année dernière, indiquent plusieurs faits importants. D'abord le nombre total des passagers, tant de cabines que d'entrepont, n'avait jamais été encore si élevé, mais de plus la moyenne des voyageurs par navire est plus grande que dans aucune période précédente. Cette moyenne s'accroît d'ailleurs d'une manière continue. Il y a dix ans elle variait entre 400 et 500; actuellement elle atteint presque 1 000, étant de 961 pour 1905, contre 760 pour 1904, 830 pour 1903, 733 pour 1902 et 639 pour 1901.

Il s'agit là de moyennes générales, mais, si on examine séparément les diverses Compagnies de transport, on trouve des chiffres bien plus élevés. Jusqu'au début du siècle actuel, aucune ligne n'avait réalisé une moyenne de 1 000 passagers par navire. En 1901, le Norddeutscher Lloyd franchit cette limite en atteignant une moyenne de 1 130; il fut rejoint en 1902 par la Hamburgh American et, en 1903, sept Compagnies dépassèrent la moyenne de 1 000; il est vrai qu'en 1904 il n'y en avait plus que six. L'année dernière, on en trouve neuf, en tête de laquelle vient la ligne Cunard qui, sur son service partant de Fiume, a atteint la moyenne de 1 730 passagers par navire. C'est le maximum qui ait jamais été atteint à aucune période.

Après viennent, toujours pour 1903, le Norddeutscher Lloyd avec 1 511 pour son service de la Méditerranée, la White Star pour son service de la Méditerranée avec 1 479, la Hamburgh American au départ de Hambourg avec 1 396, le Norddeutscher Lloyd au départ de Brême avec 1387, la Red Star au départ d'Anvers avec 1 336, la Navigazione Generale Italiana avec 1 195, la Veloce 1 146 et la ligne Hollando-Américaine de Rotterdam avec 1 108 passagers.

Ces chiffres élevés proviennent en grande partie des émigrants ou passagers d'entrepont, mais il y a également un développement considérable dans le nombre des passagers de cabines. Ainsi la moyenne de cette catégorie est pour le Norddeutscher Lloyd de 393 pour 1905, contre 352 pour l'année précédente et 362 pour 1903. Les chiffres correspondants sont, pour la ligne Cunard, de 307, 287 et 294. Douze lignes ont plus de 100 passagers de cabine, contre 10 pour les deux années précédentes. Du reste, on se rendra mieux compte de ces différences sur le tableau ci-dessous que nous trouvons dans l'*Engineering*.

TABLEAU I.

LIGNES	1re CLASSE	2e CLASSE	ENTRE-PONT	TOTAL	TOTAL 1904	TOTAL 1903
White Star.	156	129	528	813	869	748
Norddeutscher Lloyd	147	246	994	1 387	1 201	1 367
Cunard.	131	176	611	918	906	802
American Line	112	134	542	788	775	605
Hamburgh American	107	139	1 150	1 396	1 256	1 135
Norddeutscher Lloyd Medit. . .	80	136	1 295	1 511	893	1 114
White Star Medit..	74	149	1 256	1 479	278	»
Red Star.	72	143	1 121	1 336	971	1 249
Cie Générale Transatlantique . .	70	95	777	942	854	1 063
Compagnie Hollandaise	69	142	897	1 108	785	1 005
Anchor Line	56	188	376	620	532	483
Hambourg America Medit.. . .	44	39	735	818	548	827
Scandinave.	37	76	549	662	417	505
Veloce	26	»	1 120	1 146	849	1 230
Cunard Medit.	24	59	1 647	1 730	1 225	315
Italiana	13	33	1 049	1 195	717	900

Il est également intéressant de faire connaître le développement du transport des voyageurs sur les diverses lignes aboutissant à New-York dans les années successives. Les chiffres qui s'y rapportent sont donnés dans le tableau II.

TABLEAU II.

ANNÉES	NOMBRE DE VOYAGES	PASSAGERS DE CABINES	PASSAGERS D'ENTREPONT	TOTAL
1893	975	121 889	364 700	486 529
1894	879	92 561	188 164	280 725
1895	792	96 558	258 560	355 118
1896	852	99 223	232 350	331 573
1897	902	90 932	192 004	282 936
1898	812	80 586	219 651	300 237
1899	826	107 415	303 762	411 177
1900	838	137 852	403 491	541 343
1901	887	128 143	438 863	567 011
1902	922	139 848	574 276	714 124
1903	969	161 438	643 358	804 796
1904	967	162 389	572 798	735 187
1905	1 006	184 932	776 330	961 262

On voit qu'il y a eu une augmentation de plus de 200 000 voyageurs l'année dernière, ce qui constitue un accroissement de 31 0/0 par rapport à l'année précédente. Le chiffre de 1905 est plus que triple de celui de 1898. On conçoit qu'en présence d'un champ aussi fécond d'exploitation, les Compagnies de navigation font des efforts continus pour développer et améliorer leur matériel de transport.

Toutes les lignes ont participé à cet accroissement dans le nombre des voyageurs. On peut dire que les lignes allemandes transportent le tiers, ou exactement 33,6 0/0 des passagers de première classe contre 36,8 en 1904 et 37,3 en 1903 ; il y a donc une diminution sensible de ce chef; les lignes anglaises ont profité de cette diminution, car elles ont transporté 38,6 0/0 des passagers de première contre 31,9 en 1904, mais ce n'était qu'une reprise, car les chiffres étaient 37,1 en 1903 et 37,25 en 1902.

Le tableau III donne, pour 1905, la répartition du transport des voyageurs débarqués à New-York entre les principales lignes; pour réduire les dimensions du tableau, nous avons négligé quatre lignes dont le trafic total s'élève à un chiffre relativement faible, 27 180 dont 24 180 passagers d'entrepont, en présence d'un total d'environ 950 000.

Tableau III.

LIGNES	1re CLASSE	2e CLASSE	ENTREPONT	TOTAL
Norddeutscher Lloyd	15 974	26 893	135 054	177 871
Hamburgh American	10 208	12 901	116 863	134 972
Cunard	8 704	12 328	77 387	98 419
White Star	14 618	13 328	63 489	91 435
Red Star	3 816	7 560	59 431	70 807
Compagnie Générale Transatlantique	5 066	6 812	55 918	67 796
Hollando-Américaine	3 267	6 656	42 134	52 057
Anchor Line	2 816	8 600	38 483	49 849
Italiana	455	1 139	35 668	37 262
Veloce	768	»	32 476	33 244
Fabré	181	»	30 694	30 875
American Line	5 623	6 733	27 106	39 464
Scandinave	923	1 904	13 728	16 555
Austro-Américaine	154	197	17 125	17 476

Ce tableau est intéresssant parce qu'il fait voir aussi comment se répartit pour chaque ligne le nombre des passagers entre les diverses classes; on voit que certaines font surtout le transport des émigrants, mais qu'aucune ne le néglige. Il représente pour les lignes allemandes 80 à 85 0/0 du total, pour la ligne Cunard 78, pour la Compagnie Transatlantique 80, pour les lignes italiennes 95 et 97, et pour la ligne Austro-Américaine 98 0/0.

Les automates. *(Suite et fin).* — Il nous est possible de donner quelques détails complémentaires sur les automates des Jaquet-Droz dont nous avons parlé dans la dernière chronique.

Ces curieux appareils sont exposés en ce moment successivement dans plusieurs villes du canton de Neuchatel. Nous avons pu les voir fonctionner le 21 septembre, à l'École d'horlogerie de la Chaux-de-Fonds.

Disons tout d'abord qu'un simple coup d'œil jeté sur ces objets fait voir qu'il est impossible de les ranger dans la classe des pseudo-automates dont nous avons parlé, car les faibles dimensions des personnages, qui n'ont que 0,50-0,60 m de hauteur, leur disposition et l'absence de tout soubassement, excluent la possibilité de la présence d'un être humain chargé de les actionner. Ce ne sont donc que des pièces mécaniques, mais des pièces d'une rare perfection.

Nous empruntons quelques détails intéressants sur les trois automates : l' « Écrivain » le « Dessinateur » et la « Musicienne » à une brochure publiée à l'occasion de leur exhibition, sous les auspices de la Société d'histoire et d'archéologie du canton de Neuchatel.

L'Écrivain est une poupée représentant un enfant de deux ou trois ans assis devant une petite table. La plume en main, il attend, puis il jette les yeux sur le papier placé devant lui ; sa main se soulève, s'en va à l'encrier placé à coté, il y plonge la plume ; quelques petites secousses débarrassent celle-ci de l'excès d'encre. Puis posément, lentement, comme un enfant qui s'applique, l'automate trace la phrase qu'on lui a imposée. La ligne terminée, le papier se déplace automatiquement pour permettre le tracé d'une nouvelle ligne.

Si on écarte le vêtement de l'enfant sur le dos, on voit d'abord un cadran avec les lettres de l'alphabet et un index. Une porte est ouverte et met en évidence le mécanisme intérieur.

Un disque vertical a sur son pourtour autant de coches qu'il y a de lettres et de signes. Derrière lui se trouvent, en piles, des roues à cames dont chacune a une forme déterminée. Cet ensemble figure assez bien la colonne vertébrale de l'enfant et c'est la partie principale du mécanime.

Lorsque l'automate doit tracer une lettre, on fait glisser un taquet

A sa ville natale
Jaquet Droz.

dans la coche correspondante à cette lettre. Le taquet soulève la colonne ; par des leviers multiples, par des joints à la cardan placés dans le coude, l'ordre de tracer la lettre est transmis à la main qui obéit fidèlement. Il n'y a pas moins de cinq centres de mouvement reliés les uns aux autres par des chaînes. Il faut voir la plume se déplacer latéralement, puis en mouvement tournant, puis en hauteur pour modifier la largeur du trait ; les pleins sont fermes et les déliés fins. On peut faire

écrire à l'automate un certain nombre de phrases différentes formant son répertoire et on peut ajouter d'autres phrases à ce répertoire par un arrangement préalable (1).

Nous donnons ci-joint la reproduction d'une phrase écrite devant nous par l'Écrivain.

De même que ce dernier, le dessinateur a son mécanisme dans le corps. A large poitrine il fallait grosse tête ; de là l'aspect un peu lourd de nos deux bébés.

Celui-ci est assis devant une petite table, avec le papier en place. La main, armée du crayon, esquisse quelques traits. A coups pressés, elle marque les ombres. Un petit chien apparaît sur la feuille. Le bonhomme examine en connaissance son travail. Il chasse du souffle la poussière, fait quelques dernières retouches et s'arrête un instant. Puis, rapidement, il écrit au-dessous : « Mon Toutou ». L'automate peut tracer également d'autres dessins représentant : Louis XV, Georges III d'Angleterre, Louis XVI et Marie-Antoinette, enfin l'Amour conduit par un papillon.

La Musicienne est une jeune fille d'une douzaine d'années, assise devant un harmonium dont ses pieds font jouer les pédales. On dit qu'à l'origine c'était un clavecin. Ses doigts courent sur le clavier tandis qu'elle se penche en avant pour mieux voir son cahier de musique et elle ne manque pas de terminer l'exécution de son morceau par une gracieuse révérence adressée au public. La Musicienne a cinq airs dans son répertoire.

Il est intéressant d'indiquer qu'un inventaire de Jaquet-Droz, daté de 1786, évalua l'Écrivain à 4 800 L., le Dessinateur à 7 200 et la Joueuse de clavecin à 4 800 L.

Ces automates, après avoir eu un grand succès à la Chaux-de-Fonds furent apportés à Paris en 1774 par l'auteur, alors âgé de 22 ans ; ils y excitèrent la plus vive curiosité et le célèbre Vaucanson dit à Jaquet-Droz : « Jeune homme, vous débutez par où je voudrais finir ».

Les automates paraissent avoir été de France en Espagne et, après diverses aventures dont un voyage au Mexique et un naufrage, avoir été à en la possession d'un amateur qui les conserva pendant trente-cinq ans dans son château situé près de Bayonne. Ils passèrent ensuite par plusieurs mains et on les voit à Paris vers 1827. D'après une autre version, ils quittèrent l'Espagne, en 1812 dans les bagages de l'armée française.

Ils paraissent avoir été exhibés au Locle en 1830 ; on perd leur trace ensuite jusqu'en 1894 où leur présence est signalée à Dresde où ils seraient depuis longtemps en possession de la famille d'un mécanicien allemand nommé Martin ; la veuve de ce mécanicien se mit à cette époque en relation avec des Neuchatelois désireux de faire rentrer ces « androïdes » dans leur pays d'origine, mais le prix demandé fit reculer les plus hardis. Mme Martin vendit finalement les trois automates à

(1) Ainsi, à l'ouverture de l'Exposition, à Neuchatel, le 3 octobre, le Dessinateur écrivit la phrase suivante : « Gardez-nous au pays (signé) : Les Automates. » phrase qui, évidemment, n'avait pas été préparée par les Jacquet-Droz.

M. Carl Marfels, collectionneur connu de Berlin qui a bien voulu consentir à l'organisation d'une exposition de ces automates faite par les soins de la Société neuchateloise d'histoire et d'archéologie. Il y a joint sa célèbre collection de montres anciennes qui compte 80 pièces des plus remarquables dont les dates de fabrication varient de 1670 à 1800; certaines de ces montres portent un millésime, l'âge approximatif des autres a pu être déterminé. Parmi elles se trouvent des montres de nacre, de bois et d'ivoire, toutes sont des merveilles d'invention et de patience; quelques-unes sont ornées de portraits du temps et magnifiquement travaillées.

Aux dernières nouvelles, nous apprenons que des pourparlers engagés entre le Comité de la Société d'histoire et M. Marfels pour l'achat de ces pïèces ont abouti et que, moyennant le payement d'une somme de 75.000 francs, l'Écrivain, le Dessinateur et la Musicienne resteront définitivement au pays natal, selon le vœu exprimé naïvement par eux par la main du premier.

Navigation à vapeur sur le lac Victoria. — Sir Edward J. Reed a présenté récemment à l'*Institution of Naval Architects* une communication sur les navires destinés aux services coloniaux où nous trouvons d'intéressants détails sur deux vapeurs construits en Angleterre pour la navigation sur le lac Victoria, dans l'Afrique Centrale, et transportés en pièces pour être remontés sur place.

Ces navires, qui portent les noms de *Winifred* et *Sybil*, font un service de voyageurs et de marchandises sur le lac Victoria, en correspondance avec le chemin de fer de l'Uganda; les conditions à remplir étaient que ces navires pussent porter 150 t de chargement et 20 t de combustible avec un tirant d'eau de 1,83 m en eau douce; ils devaient, en outre, pouvoir recevoir quelques passagers de première classe et un plus grand nombre de passagers de pont, et les chaudières devaient être disposées pour brûler du bois. La condition la plus importante était que les navires fussent envoyés démontés pour être remontés dans l'Uganda sur les bords du lac.

Ce ne sont pas de petits bateaux, comme on va le voir, et l'entreprise n'était pas sans présenter de sérieuses difficultés. Nous croyons que c'est la première fois qu'on a envoyés démontés, à une aussi grande distance, des navires de cet échantillon.

La longueur est de 53,40 m, la largeur de 8,70 m et le creux de 2,90 m; la coque est en acier doux avec les échantillons nécessaires pour obtenir la classification du Lloyd 100 A 1. Pour faciliter le remontage en Afrique, on a pris le soin de disposer les tôles du bordé et des cloisons étanches avec des redans s'emboitant les uns dans les autres.

Les navires sont gréés en goélette avec des mâts à pible; les ponts et les cloisons des cabines sont en bois de teck qui résiste mieux dans les climats chauds. Il y a une installation électrique complète comprenant deux dynamos, 105 lampes à incandescence de 10 bougies et un projecteur de 0,40 m de diamètre. La ventilation est assurée par un nombre convenables de ventilateurs fixes et mobiles. Il y a à l'arrière des cabines pour une dizaine de passagers de première classe; les logements de

l'état-major sont dans le centre du navire et ceux de l'équipage à l'avant. Pour pouvoir installer convenablement les passagers de pont, on a tenu celui-ci aussi libre que possible d'obstacles sous forme de superstructures et on l'a recouvert d'un abri allant de la dunette à la teugue d'avant et servant de pont de promenade à la partie supérieure. Une tente et des rideaux en toile verte, placés sur les côtés, servent à abriter des rayons ardents du soleil cette partie du navire.

Il y a deux hélices actionnées chacune par une machine à triple expansion avec condensation par surface recevant la vapeur, à 11,5 kg de pression, de deux chaudières cylindriques tubulaires à retour de flammes du type marin ordinaire. Ces chaudières sont, comme on l'a indiqué déjà, disposées pour brûler du bois. La puissance indiquée totale est de 500 ch et donne au navire une vitesse de 10 nœuds. Il y a une petite chaudière pour les services auxiliaires.

Les deux navires ont été construits par MM. Mac Lachlan et C[ie], à Bow; ils ont été montés complètement dans les chantiers avec les différentes parties de la coque boulonnées ensemble; les machines et chaudières ont été installées à bord et on a fait tourner les premières avec la vapeur fournie par les secondes. Le but de cette opération était surtout de s'assurer que rien ne manquait pour le fonctionnement définitif. Tous les appareils auxiliaires avaient été également montés et essayés. En résumé, le montage de toutes les parties avait été fait, sauf le caractère des assemblages, aussi complètement que pour l'achèvement définitif.

Toutes les pièces ayant été marquées et repérées, on a procédé au démontage et à l'emballage pour l'expédition, le nombre des pièces distinctes ou colis étant, pour chaque navire, de plus de 3 000. Le débarquement a eu lieu au port de Kilindini et le transport de là à Port-Florence, sur le lac Victoria, a été fait par le chemin de fer de l'Uganda.

Sir Edward J. Reed, qui avait fait l'étude de ces navires, se plaint de ce que le remontage a donné lieu à une certaine déception. Cette opération avait été confiée à des personnalités appartenant au génie militaire et chargées de la direction du chemin de fer qui, malgré leur haute capacité, n'avaient pas les connaissances nécessaires en construction navale, et on a été surpris de voir que les navires, lorsqu'ils ont été remis à flot et ont eu leur armement achevé, avaient quelque chose comme 0,45 m de tirant d'eau de plus qu'il n'avait été prévu; cette différence pour un tirant d'eau de 1,80 m était excessive. On était d'abord porté à l'attribuer à un défaut de soin dans l'étude; on a dû reconnaître, après examen, que cet excès tenait en grande partie à ce qu'on avait fait le cimentage des fonds du navire sur une beaucoup trop grande hauteur et aussi, dans une certaine mesure, à un développement considérable des installations et logements faits après le remontage. Malgré ce contretemps dont les causes sont spéciales et étrangères à l'étude, le travail que nous venons de faire connaître peut être considéré comme très remarquable et présentant un grand intérêt au point de vue colonial.

Tout récemment, un troisième navire, construit dans les mêmes conditions, aux mêmes chantiers et pour le même service, vient d'être

expédié d'Écosse. Il s'appelle le *Clement Hill* et est un peu plus grand que les précédents, sa longueur totale étant de 70,75 m.

Nous croyons devoir rappeler ici que nous avons parlé dans la Chronique de février 1894, page 201, d'un travail analogue qui a eu pour objet un navire de dimensions tout à fait comparables construit en Écosse et remonté sur les bords du lac Titicaca, à l'altitude de 3 900 m au-dessus du niveau de la mer. Ce fait remonte à une quinzaine d'années.

La nature des alliages. — La note suivante du professeur A. Humboldt Sexton, parue dans le *Mechanical Engineer*, étudie la nature des alliages.

Lorsque deux ou plusieurs métaux sont fondus ensemble, ils restent, d'une manière générale, mélangés intimement, montrant peu de tendance à se séparer dans l'ordre des densités, ou autrement ils restent en solution l'un dans l'autre tant qu'ils sont à l'état liquide. Lorsque la masse se solidifie, cet état de mélange uniforme peut subsister ou non. Dans le premier cas, la masse solide pourra contenir les métaux qui la constituent dans une condition de diffusion plus ou moins complète : c'est alors un alliage. Dans l'autre cas, les métaux seront séparés dans l'ordre des densités respectives, le plus lourd à la partie inférieure, le moins dense à la partie supérieure, la séparation s'effectuant d'autant plus complètement que le refroidissement est plus lent. Dans ce cas, les métaux ne sont jamais purs, parce que chacun retient des traces de l'autre ; il y a donc là en réalité un alliage. Mais, en pratique, on réserve ce nom pour le cas où les proportions des métaux sont relativement considérables ; dans celui dont il s'agit, il y a simplement impureté des métaux.

Un alliage est donc un mélange intime de deux ou plusieurs métaux ; on a quelquefois employé, pour désigner l'alliage, l'expression de métaux mélangés, mais elle n'est pas exacte parce que l'alliage est plus qu'un simple mélange, de même qu'il existe des mélanges de métaux qui ne constituent pas des alliages.

Si on fond ensemble du plomb et du cuivre, et qu'on laisse refroidir lentement le mélange, les deux métaux se sépareront. Si, au contraire, le refroidissement est rapide, la séparation ne pourra pas s'effectuer et les deux métaux resteront mélangés mécaniquement, mais la masse se trouvera composée de particules distinctes, et, si on la chauffe à la température de la fusion du plomb, celui-ci se séparera, au moins en grande partie. Il y a donc mélange et non alliage. Dans un alliage, les métaux constituants perdent leur caractère propre et forment une nouvelle substance qui possède, au moins dans une certaine mesure, des propriétés différentes de celles des métaux primitifs.

En principe, les substances qui ne sont pas des corps simples peuvent se diviser en deux classes, les composés chimiques et les mélanges mécaniques ; mais les alliages ne rentrent à proprement parler ni dans une classe ni dans l'autre. Dans un simple mélange, les particules, quelque divisées et intimement mélangées qu'elles soient, retiennent toujours leurs caractères propres et les propriétés du mélange sont la moyenne de celle des constituants. Ainsi, si l'un est noir et l'autre

blanc, l'alliage aura une couleur grise ; si on mélange du rouge et du blanc, on aura un rouge plus pâle et ainsi de suite. On sait qu'il n'en est pas de même avec les alliages. Du laiton contenant, par exemple, moitié de cuivre et moitié de zinc, est jaune, et on ne peut pas dire que le jaune soit la moyenne du rouge du cuivre et du blanc du zinc; de même, la densité et les autres propriétés ne sont pas les moyennes des éléments correspondants des deux métaux. Le seul point par lequel les alliages ressemblent toujours à leurs constituants, c'est qu'ils conservent les propriétés des métaux. Les alliages ne sont donc pas des mélanges mécaniques.

Un composé chimique est formé d'éléments en proportions fixes, qui sont toujours de simples multiples des poids atomiques, et certaines de leurs propriétés physiques dépendent du poids moléculaire du composé. Ce n'est pas le cas avec les alliages. D'une manière générale, les métaux qui composent l'alliage ne sont pas dans des proportions simples et ces proportions peuvent varier dans des limites quelquefois assez étendues, sans que les propriétés de l'alliage varient d'une manière bien sensible.

Les métaux ne montrent pas une affinité chimique bien appréciable les uns pour les autres; toutefois il est certain que, dans certains cas, il existe des composés chimiques formés de métaux, mais ces composés n'ont aucune importance dans l'industrie.

Il y a encore une autre forme sous laquelle des substances peuvent exister, forme qui n'est ni un composé chimique, ni un mélange mécanique : c'est la dissolution. Si on agite un sel ou autre matière soluble dans de l'eau, il disparaît et se dissout dans le liquide. La dissolution conserve certaines des propriétés de la matière, la saveur, la couleur, etc., mais on ne peut pas dire que ses caractères soient une moyenne entre ceux du sel et ceux de l'eau. L'addition du sel abaisse la température de la congélation du liquide au-dessous de celle de l'eau, alors que la moyenne devrait être plus élevée que cette dernière. On sait qu'avec certaines proportions de certains sels on peut abaisser le point de congélation jusqu'à — 22° 5 C.

Le caractère essentiel d'une dissolution est que les constituants sont si intimement mélangés qu'ils ne peuvent être séparés par des moyens mécaniques, tels que la filtration par exemple, tandis qu'il n'y a entre eux aucune combinaison chimique.

En principe, lorsqu'une dissolution se solidifie, les constituants se séparent plus ou moins complètement, mais cependant ce n'est pas toujours le cas. Nous pouvons concevoir une solution se solidifiant et le résidu solide conservant ses éléments dans un état de mélange assez intime pour qu'aucune intervention mécanique ne pût les séparer, et sans que les constituants fussent dans les proportions définies nécessaires pour former un véritable composé chimique.

Les vrais alliages ne sont jamais des mélanges mécaniques de métaux. Nous avons dit que les métaux peuvent quelquefois se combiner en formant des composés chimiques, mais ces composés n'ont pas d'emploi dans les arts. Les alliages sont, dans certains cas, de véritables dissolutions d'un métal dans un autre ou d'un composé chimique de métaux dans un excès d'un de ces métaux. Beaucoup d'alliages sont formés de

mélanges de ces dissolutions avec des substances définies qui ont cristallisé pendant le refroidissement, de telle sorte que la composition et la structure varient dans de larges limites; chaque alliage ou tout au moins chaque groupe d'alliages doit être étudié séparément et il est difficile de rien dire à ce sujet de plus que de poser quelques règles générales.

Le lait desséché et sa préparation. — Le lait est une matière qui joue un rôle d'une très grande importance dans l'alimentation. Mais il est susceptible d'altération et se prête à la transmission de certaines maladies. Depuis longtemps les efforts des savants, des hygiénistes, des chimistes et des industriels se sont portés sur des moyens propres à faciliter le transport et la conservation du lait.

Un premier pas a été fait par la fabrication du lait condensé qui est aujourd'hui l'objet d'une industrie considérable. Avec des avantages qu'on ne peut contester, cette forme de lait présente de réels inconvénients qui en restreignent l'emploi. Un perfectionnement est évidemment la solidification du lait par l'enlèvement total de l'eau qu'il contient et dont le lait condensé conserve encore une partie. On obtient ainsi une poudre qu'on peut mouler en tablettes et à laquelle il suffit d'ajouter de l'eau pour reconstituer le lait primitif avec toutes ses qualités.

La fabrication du lait desséché n'est pas toute récente; on avait déjà réussi à en faire, mais le procédé à employer n'est pas indifférent. Si on soumet le lait à une évaporation graduelle, une partie de l'albumine se coagule par la chaleur et ne peut plus se dissoudre ensuite; on a alors un lait grumeleux, peu appétissant et qui n'a plus les qualités de la substance primitive. Le docteur John A. Just, de Syracuse, N. J., a imaginé un procédé d'évaporation qui ne présente pas cet inconvénient et qui est déjà largement employé en Amérique et aussi en Europe.

L'appareil employé dans ce procédé est d'une très grande simplicité; il consiste en deux cylindres en métal, creux, parfaitement polis, et placés parallèlement à une très faible distance l'un de l'autre. Ces cylindres sont montés sur un fort bâti et tournent en sens inverse avec une vitesse d'environ six tours par minute. De la vapeur fortement surchauffée à une pression de 2,5 à 3 kg arrive à l'intérieur par les tourillons et porte le métal à une température élevée. Le lait arrive d'une manière continue sur la partie supérieure de ces cylindres et l'évaporation commence dès qu'il vient en contact avec le métal, en lames extrêmement minces; ces lames solidifiées sont détachées par une lame et tombent sous les cylindres où elles se sèchent en refroidissant et se transforment facilement en poudre blanche qui n'est autre chose que le lait solidifié.

La Société qui exploite le procédé Just a deux grandes fabriques aux États-Unis, l'une à Adams, l'autre à Mexico, dans l'État de New-York. Les plus grandes précautions sont prises pour assurer l'absolue stérilisation du lait qui est pasteurisé préalablement à sa dessiccation et examiné avec les soins les plus minutieux avant et après cette opération.

Des analyses faites au laboratoire Carnegie, à la station expérimentale de l'État de Massachussets, à l'Université de la Virginie Occidentale et

au Département de l'Agriculture des États-Unis, ont fait constater qu'il n'y a aucune différence appréciable de composition entre le lait primitif et le lait reconstitué.

Au point de vue de la valeur alimentaire de ce produit, il a été fait des essais très complets par le département sanitaire de la ville de New-York. On a pris un certain nombre d'enfants appartenant aux classes les plus pauvres ayant de cinq jours à deux ans et on les a alimentés exclusivement avec du lait solidifié pendant les trois mois les plus chauds de l'année. Les résultats obtenus ont été des plus remarquables. On n'a perdu aucun des enfants et leur augmentation de poids a été normale. Ces expériences ont montré que le lait absorbé ne se caille pas dans l'estomac et possède toutes les qualités de digestibilité du lait de femme.

La composition moyenne du lait en poudre provenant de la dessiccation de parties égales de lait normal et de lait écrémé est la suivante :

Caséine	37,45	0/0
Matières grasses du beurre	15,80	—
Sucre de lait	33,11	—
Sels	7,34	—
Eau	6,30	—
TOTAL	100 »	0/0

La dessication enlève au lait 87 0/0 de son poids et réduit considérablement le volume, ce qui présente un grand avantage pour la conservation et le transport. Mis en tablettes, il est très commode pour certains emplois, notamment pour les armées en campagne, les explorateurs, marins, etc. Ce lait est tout à fait dépourvu de la saveur de cuisson du lait condensé. Pour reconstituer le lait ordinaire, il suffit de l'additionner d'eau dans la proportion indiquée sur les avis du fabricant.

COMPTES RENDUS

SOCIÉTÉ D'ENCOURAGEMENT POUR L'INDUSTRIE NATIONALE

Juillet 1906.

Rapport de M. Ed. Sauvage sur **l'indicateur de vitesse** de M. Luc Denis.

Cet indicateur a pour principe la transformation en mouvement rectiligne alternatif d'un curseur du mouvement de rotation dont on se propose de mesurer la vitesse. Ce curseur est relié à un pendule équilibré oscillant sous l'influence de ressorts dont l'action est réglable de manière à faire varier la durée d'oscillation; ce réglage se produit automatiquement de sorte qu'à chaque instant les oscillations du curseur et du pendule soient synchrones, et la position de l'organe de réglage qui établit ce synchronisme rendue apparente par une aiguille se déplaçant sur un cadran indique la vitesse de rotation.

La réalisation de ce principe comprend la transformation du mouvement circulaire et la transmission à distance par l'intermédiaire de deux soufflets réunis par un tube flexible; le premier de ces soufflets est actionné par un excentrique calé sur l'arbre dont on veut mesurer la vitesse. Le second soufflet meut verticalement le curseur. On conçoit donc que le problème assez compliqué que doit résoudre l'appareil se trouve réalisé par des moyens suffisamment simples. Nous regrettons de ne pouvoir entrer dans plus de détails en l'absence des figures données dans le rapport de M. Sauvage.

Le matériel des chemins de fer à l'Exposition de Milan, par M. E. Bernheim.

L'Exposition de Milan contient environ 50 locomotives, 15 automotrices électriques ou à vapeur et une centaine de voitures et wagons exposés par l'Allemagne, l'Autriche-Hongrie, la Belgique, la France, l'Italie et la Suisse. On trouvera dans la note de M. Bernheim des détails sur les points les plus intéressants du matériel exposé et de ses accessoires.

L'atomisation des liquides et ses applications au traitement des liquides et des gaz, par M. Paul Kestner.

L'auteur part de ce fait que, si on projette de l'eau sur une pièce animée d'un mouvement de rotation, la force centrifuge dirige l'eau vers les extrémités les plus éloignées du centre de rotation jusqu'à ce qu'elle rencontre une arête qu'elle quitte alors en se divisant plus ou moins

finement; les arêtes de pulvérisation se divisent en deux classes : les arêtes perpendiculaires, comme dans le cas d'un disque et les arêtes parallèles, cas des ailes de turbines. La note étudie les causes qui contribuent à la division de l'eau et rappelle que l'auteur a, dès 1898, réalisé l'humidification de l'air dans une salle de filature par l'injection d'eau dans un ventilateur centrifuge. Lencauchez, un peu plus tard, employa le même moyen pour nettoyer les gaz de hauts fourneaux de leurs poussières.

Les diverses applications de l'atomisation indiquées dans ce travail sont : l'humidification de l'air, la concentration des liquides, l'absorption des gaz dans un liquide, le lavage des gaz, le déplacement de gaz en dissolution dans des liquides, l'épuration des eaux d'égouts, l'épuration des eaux potables, etc.

Notes de chimie par M. Jules Garçon.

Voici les principaux sujets traités dans ces notes : Fixation de l'azote atmosphérique. — Emploi de la bouillie arsenicale en arboriculture. — Statistique de l'industrie minérale en France. — Lavage des anthracites. — Préparation de béton étanche. — Chlorage de la laine. — Composés d'antimoine comme fixateurs des tannins dans la teinture de coton. — Sur les encres des machines à écrire. — L'industrie sucrière en France. — Sur le blanchiment des farines.

Notes économiques. — Les habitations à bon marché et la loi du 12 avril 1906 *(suite)*, par M. M. Alfassa.

Notes de mécanique.

Nous signalerons parmi ces notes : une étude sur le transport des pétroles par canalisations rayées, une sur l'invention de la moisonneuse-lieuse, la description du broyeur pour ciments Lehigh Fuller, une note sur la liquéfaction de l'air par détente avec travail extérieur, par M. Georges Claude.

ANNALES DES MINES

5e livraison de 1906.

Bases d'une théorie mécanique de l'électricité, par M. Seligmann-Lui, Ingénieur en chef des Mines.

6e livraison de 1906.

Bases d'une théorie mécanique de l'électricité, par M. Seligmann-Lui, Ingénieur en chef des Mines *(suite et fin)*.

Dans cette note très développée, l'auteur admet, comme première hypothèse, que les lois physiques sont régies par les principes ordinaires de la mécanique et qu'on ne doit, en cherchant la théorie mécanique

d'un phénomène physique, employer d'autres explications que celles qui peuvent se traduire à l'aide de forces et de vitesses.

Tels sont les principes avec lesquels il étudie successivement : l'électrostatique, la nature de l'électricité, la conductibilité, la pile, les courants, l'électrodynamique, le magnétisme, etc.

L'unification des profils et des spécifications techniques en Grande-Bretagne, par M. Émile Bernheim, Ingénieur des Mines.

Dès 1903, sous les auspices de l'*Engineering Standard Committee* se sont groupés un certain nombre de collectivités comprenant des Sociétés d'Ingénieurs, des Sociétés intéressées dans la marine, les chemins de fer, l'industrie et les services publics, pour arriver à la codification des fers et aciers profilés et des spécifications techniques intéressant la marine, les chemins de fer, l'industrie électrique, la canalisation d'eau et de gaz, les chaux et ciments, etc.

La note expose les résultats obtenus dans ces diverses branches de l'industrie et insiste sur l'intérêt qu'il y aurait à poursuivre davantage, en France, des améliorations de ce genre qui y sont déjà en voie de réalisation partielle.

SOCIÉTÉ DE L'INDUSTRIE MINÉRALE

Juin 1906.

District de Paris.

Réunions des 29 et 30 janvier 1906.

Ces réunions ont eu lieu en l'honneur et avec le concours de l'Association des Ingénieurs belges sortis de l'École de Liége. Elles ont comporté des visites et des communications.

Visite des travaux en cours du Métropolitain. — Il s'agit des lignes 4, 5 et 7, région des gares du Nord et de l'Est. Ce sont les travaux de la boucle de la ligne n° 5 qui ont surtout appelé l'attention, parce qu'ils présentent, à des états d'avancement divers, les différents problèmes à résoudre dans des travaux de ce genre, par exemple : une grande station, celle de la gare du Nord, la culotte de la rue La Fayette, d'où part le raccordement reliant la ligne 5 à la ligne 4, la culotte de la rue de Saint-Quentin, origine de la boucle. L'emploi du bouclier a lieu sous la rue de Chabrol ; son usage ne semble pas absolument imposé, mais on comprend que l'entrepreneur ait été désireux d'utiliser le plus qu'il pouvait un appareil coûteux d'acquisition et auquel son personnel était habitué.

Visite du nouveau laboratoire de l'École des Mines.

Communication de M. Herman Hubert, professeur à l'Université de Liége, sur l'**État actuel des moteurs à gaz.**

L'auteur, après un court historique du développement des moteurs à gaz, indique les perfectionnements récents qui leur ont été apportés et insiste particulièrement sur l'utilisation des gaz de hauts fourneaux, qui a pris une extension dont on peut juger par le fait que les cinq usines de Cockerill, Nuremberg, Deutz, Œchelhauser, Koerting et Denain ont déjà livré près de 400 moteurs employant ces gaz et développant une puissance totale de 325 000 ch, dont 126 000 pour l'usine de Nuremberg et 100 000 pour l'usine Cockerill. Ces chiffres, qui ne s'appliquent qu'au continent, justifient la prédiction qu'on a faite, savoir qu'un temps viendra où la fonte ne sera plus qu'un sous-produit des hauts fourneaux employés à la production de la force motrice.

Communication de M. Paul Habets, professeur à l'Université de Liége, sur **les machines d'extraction électriques et leurs résultats.**

L'auteur décrit les divers systèmes de machines d'extraction électriques, notamment le système Léonard, dans lequel aucune perte d'énergie ne se produit dans des résistances de réglage, ce qui fait que la machine d'extraction est également économique à toutes vitesses et que la dépense d'énergie du moteur par cheval utile est fort réduite. Un avantage accessoire, mais fort apprécié de ce système, est qu'avec l'addition du volant Ilgner il s'applique plus aisément aux centrales existantes, alors que la machine à moteur triphasé exige une centrale spécialement établie en vue de son application.

Les conclusions de M. Habets au sujet de la comparaison entre l'extraction électrique et l'extraction à vapeur ne sont pas absolues ; il admet toutefois que les machines d'extraction électrique sont d'emblée arrivées à des consommations qui ne dépassent pas celles des machines d'extraction à vapeur les plus perfectionnées.

Communication de M. Creplet sur l'**électricité appliquée à l'extraction.**

L'auteur s'applique particulièrement à la comparaison dont nous venons de parler ; il proclame la supériorité de l'emploi de l'électricité et admet que l'économie résultant de la substitution de celle-ci à la vapeur est suffisante pour permettre l'amortissement de toute l'installation d'un siège en moins de cinq ans et même de trois.

Communication de M. R. A. Henry, Ingénieur, chef de service aux Charbonnages du Hasard, à Liége, sur la **préparation mécanique des charbons.**

La partie la plus intéressante de cette communication est relative à l'emploi de l'eau comme agent de transmission de la force aux divers appareils de lavage, criblage, transport, épuisement, etc. C'est une colonne d'eau mise en mouvement par un piston dans une conduite.



L'auteur admet qu'avec une pression qui ne dépasse pas 100 atmosphères on peut théoriquemen transmettre un cheval par centimètre carré de section de conduite.

Conférence de M. LOCHERER, Ingénieur des Ponts et Chaussées, adjoint à l'Ingénieur en chef des travaux du Métropolitain, sur les **travaux nécessités par la traversée du Métropolitain sous la Seine.**

Visite des travaux de consolidation du Métropolitain (ligne 2) et des Catacombes.

SOCIÉTÉ DES INGÉNIEURS ALLEMANDS

N° 29. — *21 juillet 1906.*

Le travail dans l'industrie autrefois et aujourd'hui, par W. von Oechelhaeuser.

L'écoulement de l'eau chaude, par J. Adam.

Les marteaux à air comprimé, par P. Möller.

Transmission pour tours à quintuple paire de roues dentées, par W. Hansen.

Bibliographie. — Physique expérimentale, par K. Schreber et P. Springmann. — Les travaux des frères Siemens : 1re partie, jusqu'en 1870, par R. Ehrenberg.

Revue. — Wagon basculant, système King-Lawson. — Appareils de sûreté pour ascenseurs. — Les turbines à vapeur. — Action des gaz de la combustion sur les métaux entrant dans la construction des moteurs à gaz. — Station de transformation pour 25 000 ch.

N° 30. — *28 juillet 1906.*

Méthodes industrielles pour l'extraction de l'oxygène de l'air atmosphérique, par W. Mathmann.

Locomotives pour courbes de faible rayon, par Metzeltin *(suite)*.

Effet utile de l'enveloppe de vapeur d'après des expériences récentes, par A. Bantlin *(suite)*.

Installations de condensation, compresseurs et pompes, à l'Exposition nationale bavaroise à Nuremberg, par O.-H. Mueller.

Groupe de Cologne. — Accidents de chaudières à vapeur.

Groupe de Wurtemberg. — Régulateurs pour turbines. — Construction moderne des pompes centrifuges. — Machines pour la fonderie de l'Usine royale de Wasseralfingen.

Bibliographie. — Encyclopédie des sciences mathématiques. — L'Institut de physique de l'Université de Göttingen.

Revue. — Surchauffeurs de locomotives du Canadian Pacific R. R. — Transport souterrain du charbon dans les quartiers industriels de Chicago. — L'éducation des Ingénieurs. — Activité des Établissements Impériaux de physique industrielle en 1905.

N° 31. — *4 août 1906.*

Les turbines à vapeur, par A. Riedler.

Locomotives pour courbes de faible rayon, par Metzeltin *(fin)*.

Expériences de rendement faites à l'usine élévatoire de Mos-Lom-Beer, à Sague, en Silésie, par R. Camerer *(fin)*.

Effet utile de l'enveloppe de vapeur d'après des expériences récentes, par A. Bantlin *(suite)*.

N° 32. — *11 août 1906.*

Progrès dans la construction des grands moteurs à gaz, par H. Boute.

Les origines de l'automobile, par C. Matschoss.

Les turbines à vapeur, par A. Riedler *(fin)*.

L'écoulement de l'eau chaude, par J. Adam *(fin)*.

Les ateliers de construction américains, par Schmerse.

Variation du rendement des moteurs à pistons avec le nombre de tours, par H. Lorenz.

Groupe du Rhin-moyen. — Procédé Harmet pour compression de l'acier liquide.

Bibliographie. — Le dessin en perspective des pièces de machines, par K. Volk. — Les essais dans les centrales électriques, par E. W. Lehmann-Richter.

Revue. — Les installations de laminoirs, par A. Bartholme.

N° 33. — *18 août 1906.*

La construction des turbines à vapeur à l'Allgemeine Elektricitäts-Gesellschaft, à Berlin, par O. Lasche.

Les machines-outils à l'Exposition nationale bavaroise, à Nuremberg, en 1906, par G. Schlesinger.

L'effet utile de l'enveloppe de vapeur d'après des expériences récentes, par A. Bantlin *(fin)*.

Revue. — Locomotive à grande vitesse, patente Cridland. — Le navire de guerre *Dreadnought.* — École supérieure de commerce, à Berlin.

N° 34. — *25 août 1906.*

Nouveautés dans les appareils de transport en Amérique, par G. von Hauffstengel.

La construction des turbines à vapeur à l'Allgemeine Elektricitäts-Gesellschaft, à Berlin, par O. Lasche.

Progrès dans la construction des grands moteurs à gaz, par H. Boute *(fin)*.

Groupe de Franconie et du Haut-Palatinat. — Explosions de volants.

Groupe de Poméranie. — Moteurs monophasés pour chemins de fer.

Bibliographie. — Les grues, par A. Böttcher. — Statique des constructions en béton et règles de résistance, par Ch. Mehrtens.

Revue. — Turbine à vapeur de Christian Schieler, en 1852. — Production mondiale de la fonte en 1905. — La traction dans le tunnel du Simplon.

N° 35. — *1er septembre 1906.*

La production et l'emploi de la puissance dans les mines et la métallurgie, par H. Hoffmann.

Grue flottante de 25 t de la fabrique de machines I. von Petravic et Cie, à Vienne, par R. Dub.

Groupe d'Alsace-Lorraine. — Régulateurs de niveau d'eau pour chaudières.

Nouveautés dans les appareils de transport en Amérique, par G. von Hauffstengel *(suite).*

Groupe de Westphalie. — La turbine à vapeur *Electra.*

Bibliographie. — Études sur le chauffage, par l'Association pour la prévention de la fumée à Hambourg, par P. Hafer. — Manuel de chimie industrielle, par H. von Juptner. — Manuel de sondage, par Tecklenburg.

Revue. — Dock flottant pour le port de Pillau. — Soupape pour faire passer à volonté l'échappement d'une machine au condenseur ou à l'air libre. — Graisseurs à pression pour locomotives. — Pont à bascule, système Page, à San-Francisco. — Moteurs à gaz de hauts fourneaux aux Etats-Unis.

Pour la Chronique et les Comptes rendus :

A. Mallet.

BIBLIOGRAPHIE

IIIe SECTION

Compresseurs d'air et sur l'emploi de l'air comprimé pour activer les machines d'épuisement dans les souterrains, (considérations sur les), par Joseph François (1).

M. Joseph François avec sa haute compétence montre dans deux petits opuscules : 1° l'avantage des compresseurs directs avec injection d'eau sur les compresseurs secs compound au point de vue, tant de la simplicité que de l'équivalence à peu près complète en rendement ; 2° les avantages de l'emploi de l'air comprimé sur l'emploi de la vapeur pour le fonctionnement des pompes d'épuisement au fond dans les mines par suite de la suppression de la condensation dans les conduites et de plus le rendement en air comprimé par rapport à la vapeur atteignant de 0,8 °/₀ à 1,16, suivant le nombre d'heures de fonctionnement, celui-ci variant de vingt-quatres heures à 6 heures.

L'air comprimé présente en outre l'avantage de se transporter dans des canalisations sans enduit calorifuge ni appareils de dilatation, ne donne pas d'élévation de température et procure une ventilation active indépendante de celle des ventilateurs. H. B.

Dictionnaire illustré des termes techniques en six langues, vol. I, par K. Deinhardt, A. Schlomann et P. Stulpnagel (2).

Ce volume, le premier de la série des onze dictionnaires spéciaux que se proposent de faire paraitre MM. Dunod et Pinat, comble une lacune dans la bibliographie technologique, en fournissant un dictionnaire complet des termes techniques employés dans les langues allemande, anglaise, française, italienne, espagnole et russe. Cet ouvrage présente une disposition spéciale qui est particulièrement intéressante, c'est un classement méthodique des branches par groupes avec dessin à l'appui, classement fait de telle sorte que chaque branche se trouve groupée dans un ordre logique qui contient tous ses termes généraux théoriques et pratiques, la matière de chacune d'elles étant classée dans des chapitres spéciaux.

L'emploi de ce dictionnaire est rendu très rapide et très pratique par une table des matières et surtout par une nomenclature alphabétique unique des termes des cinq langues à la suite l'un de l'autre; seuls les termes en langue russe sont ordonnés en une série distincte.

Le mot cherché dans cette nomenclature polyglotte renvoie à l'indi-

(1) 1° in-8°, 250 × 160 de 12 p. avec 1 fig. Liége, Aug. Bénard, 1906; 2° in-8, 250 × 160 de 12 p. avec 2 fig., 1 photo. et 2 pl. Liége, Imprimerie de la Meuse, 1905.

(2) In-16, 175 × 105 de 403 p. avec 823 fig. Paris, H. Dunod et Pinat, 1906, prix relié 6 fr. 50.

cation du groupe auquel appartient ce mot et donne la traduction de ce mot dans les cinq langues.

Ce premier volume ne contient que la terminologie relative aux éléments des machines et aux outils servant à travailler les métaux et les bois.

C'est un ouvrage qui sera d'un grand secours à l'ingénieur et à l'industriel et l'on ne peut que souhaiter que les autres volumes voient le jour le plus rapidement possible.

H. B.

Notes et Mémoires techniques et scientifiques,
par Charles Haller (1).

M. Haller donne dans une brochure extraite des bulletins de la Société des anciens élèves des écoles nationales d'arts et métiers :

1° Un graphique permettant de déterminer rapidement les dimensions d'un crochet de grue à section trapézoïdale ;

2° Une série d'exemples de calcul immédiat de fermes de charpente, d'après l'ouvrage de M. Durand, qui n'est autre qu'un recueil de formules pour fermes, dont la caractéristique est de permettre de calculer rapidement et avec toute la justesse désirable les efforts qui se développent dans une ferme quelconque ; à côté de ces formules l'auteur a établi pour chaque type de ferme un diagramme excessivement facile à construire ;

3° Une note sur le frettage par fils d'acier des tuyaux en fonte de grandes dimensions, frettage obtenu en enroulant mécaniquement un fil d'acier avec une tension initiale suffisante pour obtenir la compression voulue de la fonte dans les parties à fretter. Un tableau indique pour chaque diamètre la pression que l'on peut faire supporter au tuyau avec et sans frette ;

4° Un mémoire sur les surfaces réduites et leur application à la résistance des matériaux, dans lequel après l'exposé d'un certain nombre de définitions nécessaires il est donné des exemples de calculs de centres de gravité de surfaces, de moments d'inertie et d'efforts tranchants et enfin l'application des surfaces réduites au calcul des murs de réservoirs et des massifs de fondation pour grues pivotantes.

H. B.

IVe SECTION

Exploitation des mines, par F. Colomer,
Ingénieur Civil des Mines à Paris (1).

Cette nouvelle édition du petit traité de M. Colomer présente des additions et remaniements importants sur plusieurs chapitres. Le *sondage* et l'*abatage* ont été repris et complétés par la description des pro-

(1) In-8, 220 × 135 de 129 p. avec fig. et pl. Paris, J. Loubat et Cie.
(2) In-16, 185 × 125 de VIII-343 p. avec 175 fig. Paris, H. Dunod et E. Pinat, 1906.

cédés récents, parmi lesquels figure le remblayage hydraulique. Les applications de l'électricité dans les services de l'*extraction* et de l'*épuisement* sont succinctement décrites et le chapitre de l'*aérage* renferme la description de divers ventilateurs. Tout en n'étant pas un traité didactique de l'art des mines, le précis de M. Colomer, avec ses considérations pratiques complétées par les idées générales méthodiquement exposées, est plus qu'un aide-mémoire et en bien des cas pourra être utilement consulté. G. B.

Étude sur le moulage mécanique, par A. Avaurieu, Professeur à l'École d'Arts et Métiers de Lille (1).

M. Avaurieu n'étudie, dans ce travail, que la confection, actuellement si répandue, des pièces en série. Après un examen des plaques modèles à une ou deux faces, l'auteur établit la distinction entre les machines à démouler et les machines à mouler, où le serrage du sable s'opère mécaniquement. Chaque description d'appareil est accompagnée d'une figure explicative et se termine par un examen critique intéressant pour les constructeurs.

L'étude de M. Avaurieu est à rapprocher de celle parue dans le Bulletin de Juin 1906 et où M. Ronceray a traité la question à un point de vue différent. G. B.

VIe SECTION

L'électricité industrielle mise à la portée de l'ouvrier, par E. Rosenberg, traduit de l'allemand par A. Mauduit, ancien élève de l'École polytechnique (2).

Ce livre, destiné avant tout à l'éducation technique de l'ouvrier studieux, se trouve, par la simplicité et la clarté de l'exposition, à la portée de toute personne munie des connaissances que l'on acquiert à l'école primaire.

M. Mauduit a rendu service au public français en lui faisant connaître cet ouvrage qui a obtenu un grand succès en Allemagne. Il y a ajouté deux chapitres traitant de la distribution de l'Energie électrique et de la Photométrie et de l'Eclairage.

P. S.

(1) In-4°, 315 × 225 de 109 p. avec 124 fig. Paris, H. Dunod et E. Pinat, 1906. Prix broché : 4 f.

(2) In-8°, 190 × 125 de X-390 p. avec 312 fig., Paris, H. Dunod et E. Pinat, 1906. Prix : broché, 8 fr. 50.

Règles normales de l'Association des électriciens allemands pour la comparaison et l'essai des transformateurs électriques, suivies de commentaires, par G. Dettmar, traduit de l'allemand par F. Loppé et A. Thouvenot, Ingénieurs (1).

MM. Loppé et Thouvenot ont eu l'heureuse idée de traduire les règles normales de la *Verband deutscher Electrotechniker* pour la comparaison et l'essai des machines électriques et des transformateurs. Le texte de ces règles, qui occupe à peine le tiers du volume, est suivi des intéressants commentaires de M. Dettmar.

P. S.

La houille verte (2), par M. Henri Bresson. Ouvrage publié sous les auspices de M. le Ministre de l'Agriculture.

Dans ce très intéressant ouvrage, l'auteur a condensé les importants travaux et études auxquels il s'est livré, en vue de l'utilisation de l'énergie des cours d'eau de plaines ou issues des massifs secondaires.

En rendant compte de l'enquête à laquelle il s'est livré avec autant d'habileté que de désintéressement, il fait ressortir l'important parti à tirer de cette source d'énergie qu'il a si bien dénommée la houille verte.

A. Bochet.

Manuel pratique du Télégraphiste et du Téléphoniste (3), par H. de Graffigny.

Avec son talent apprécié de vulgarisateur, M. de Graffigny donne, dans son manuel, une idée nette et précise des méthodes modernes de télégraphie et de téléphonie.

A. B.

(1) In-8°, 190 × 125 de 72 p. Paris, H. Dunod et E. Pinat, 1906. Prix : broché, 2 fr. 50.

(2) In-8, 250 × 165 de xxii-278 p., avec 126 fig. et 1 pl. Paris, H. Dunod et E. Pinat, 1906. Prix broché : 7 fr. 50.

(3) In-8, 220 × 150 de xii-304 p., avec 95 fig. Paris, H. Desforges, 1906. Prix broché : 6 francs.

Le Secrétaire Administratif, Gérant,

A. de Dax.

IMPRIMERIE CHAIX, RUE BERGÈRE, 20, PARIS. — 14276-10-06. — (Encre Lorilleux).

MÉMOIRES

ET

COMPTE RENDU DES TRAVAUX

DE LA

SOCIÉTÉ DES INGÉNIEURS CIVILS DE FRANCE

BULLETIN

D'OCTOBRE 1906

N° 10

OUVRAGES REÇUS

Pendant les mois d'août, septembre et octobre 1906, la Société a reçu les ouvrages suivants :

Agriculture.

Colmatage des polders de Hollande. Medemblik. 4. (une carte 695 × 550). (Don du Ministerie van Waterstraat Handel et Nijverheid). 44572

Lecler (P.). — *Essais et concours de semoirs en lignes des 13, 14 et 15 septembre 1906. Rapport préliminaire*, de M. Paul Lecler (Société d'agriculture et de viticulture de l'arrondissement de Chatellerault (Vienne). Concours de Dangé.) (Supplément au n° 135 du Bulletin de la Société d'agriculture) (in-8°, 240 × 160 de 15 p.). Chatellerault, Imprimerie Rivière. (Don de l'auteur, M. de la S.). 44611

Liste générale des fabriques de sucre, raffineries et distilleries de France, d'Allemagne, d'Autriche-Hongrie, de Russie, de Belgique, de Hollande, d'Angleterre et de diverses colonies, etc., etc. Trente-huitième année de publication. Campagne 1906-1907 (in-18, 155 × 105 de XXIV-408 p.). Paris, Bureaux du Journal des Fabricants de sucre, 1907. 44560



Astronomie et Météorologie.

Annuario publicado pelo Observatorio do Rio de Janeiro para o anno de 1906. Anno XXII (Ministerio da Industria Viação e Obras publicas) (in-8°, 180 × 130 de x-353 p. avec 5 tabl.). Rio de Janeiro, Imprensa nacional, 1906. 44491

EIFFEL (G.). — *Les observations météorologiques du Weather Bureau de Washington*, par G. Eiffel (Extrait du Bulletin de la Société astronomique de France. Année 1906) (in-8°, 240 × 160 de 27 p. avec 3 tabl.). Paris, Imprimerie de la Société astronomique de France, 1906. (Don de l'auteur, M. de la S.). 44583

EIFFEL (G.). — *Types généraux de comparaisons météorologiques appliquées à l'étude des stations de Beaulieu-sur-Mer (Alpes-Maritimes), Sèvres (près Paris) et Vacquey (Gironde) pour l'année 1905 (Deuxième semestre)*, par G. Eiffel (in-4°, 315 × 245 de 96 p. avec 4 pl.). Paris, L. Maretheux, 1906. (Don de l'auteur, M. de la S.). 44584

Chemins de fer et Tramways.

HILLAIRET ET HUGUET. — *Chemins de fer de la Méditerranée. Tunnel de Fréjus. Projet de traction électrique* présenté le 1er Juin 1891 aux chemins de fer Italiens de la Méditerranée pour la traction électrique des trains dans le tunnel du Mont-Cenis, par MM. Hillairet et Huguet, Constructeurs, 22, rue Vic-d'Azir, à Paris. (1 dossier renfermant 4 dessins pliés format 310 × 210 et une notice format 330 × 215 de 5 pages autographiées). Paris, le 9 octobre 1906. (Don de M. Hillairet, M. de la S.). 44608

Matériel exposé par la Compagnie des chemins de fer de Paris à Lyon et à la Méditerranée à l'Exposition internationale de Milan 1906. (in-4°, 310 × 210 de 47 p. avec 19 pl.). Paris, Imprimerie Maulde, Doumenc et Cie, 1906. (Don de M. Ch. Baudry, M. de la S.). 44512

PERROUD (E.). — *Considérations générales sur la facilité de descente des tirefonds à leur mise en place. Appareil d'expérimentation*, par M. E. Perroud (Extrait de la Revue générale des chemins de fer et des tramways. N° d'août 1906) (in-4°, 320 × 225 de 13 p. avec 1 pl.). Paris, H. Dunod et E. Pinat, 1906. (Don de l'auteur, M. de la S.). 44564

Statistique des chemins de fer français au 31 decembre 1903. Documents divers. Deuxième partie. Intérêt local et tramways. France et Algérie (Ministère des Travaux publics. Direction des chemins de fer) (in-4°, 315 × 240 de 488 p.). Melun, Imprimerie administrative, 1906. (Don du Ministère des Travaux publics). 44549

The Universal Directory of Railways Official 1906. Compiled from Official Sources under the Direction of S. Richardson Blundstone (in-8°, 220 × 135 de 685 p.). London, The Directory Publishing Company, Limited. 44508

Chimie.

Bischof (Dr C.). Chemin (O.). — *Les argiles réfractaires. Gisements. Composition. Examen. Traitement et emploi au point de vue des produits réfractaires en général*, par le Professeur Dr Carl. Bischof. Traduit sur la 3e édition par O. Chemin (in-8°, 250 × 165 de 604 p. avec 93 fig.). Paris, H. Dunod et E. Pinat, 1906. (Don des éditeurs). 44541

Bockmann (F.). Klotz (G.). — *Le celluloïd. Camphre, cellulose, nitro-cellulose, celluloïd*, par Fr. Bockmann. Ouvrage traduit de l'allemand et augmenté d'un chapitre sur la *soie artificielle*, par Gustave Klotz (in-8°, 225 × 140 de 126 p. avec 53 fig.). Paris, H. Dunod et E. Pinat, 1906. (Don des éditeurs). 44542

Chesneau (G.). — *Principes théoriques des méthodes d'analyse minérale fondées sur les réactions chimiques*, par G. Chesneau (Extrait des Annales des Mines, 1er semestre 1906) (in-8°, 230 × 140 de 244 p.). Paris, H. Dunod et E. Pinat, 1906. (Don des éditeurs). 44540

Guarini (É.). — *L'ozone*, par Émile Guarini (in-8°, 235 × 155 de 24 p. avec 9 fig.). Paris, H. Dunod et E. Pinat, 1906. (Don des éditeurs). 44543

Lewkowitsch (Dr J.). Bontoux (É.). — *Technologie et analyse chimiques des huiles, graisses et cires*, par le Dr J. Lewkowitsch. Traduit de la troisième édition anglaise spécialement revue et augmentée par l'auteur, par Émile Bontoux. *Volume I* (in-8°, 255 × 165 de xix-561 p. avec 53 fig.). — Paris, H. Dunod et E. Pinat, 1906. (Don des éditeurs). 44595

Malette (J.). — *Chimie et physique appliquées aux travaux publics* (Analyses et essais des matériaux de construction), par J. Malette (Bibliothèque du Conducteur de Travaux publics) (in-16°, 185 × 120 de xii-619 p. avec 172 fig.). Paris, H. Dunod et E. Pinat, 1906. (Don des éditeurs). 44598

Michel (M.). — *Étude sur l'industrie du verre à créer en Chine. Exposé commercial*, par M. Michel. Conférence faite à Shanghaï le 29 mai 1906 devant les Notables commerçants français, sous la Présidence de M. L. Ratard (in-8°, 265 × 165 de 32 p.). Shanghaï, 1906. (Don de l'auteur.) 44510

Swarts (F.). — *Cours de chimie organique*, par Fréd. Swarts (in-8°, 245 × 160 de vi-669 p. avec fig.). Paris, A. Hermann, 1906. (Don de l'éditeur). 44590

Varenne (E.). — *L'alcool dénaturé*, par E. Varenne (Encyclopédie scientifique des aide-mémoire) (in-8°, 190 × 120 de 169 p.). Paris, Gauthier-Villars; Masson et Cie, 1906. (Don des éditeurs). 44499

Wurtz (A.). Friedel (Ch). — *Deuxième Supplément au Dictionnaire de chimie pure et appliquée* de Ad. Wurtz, publié sous la direction de Ch. Friedel. *Tome cinquième, H* (in-8°, 255 × 165 de 648 p.). Paris, Hachette et Cie, 1906. 44602

Construction des Machines.

Association des Propriétaires d'appareils à vapeur du Nord de la France. Exercice 1905-1906. XXIIIe Bulletin (in-8°, 260 × 165 de 228 p.). Lille, Imprimerie L. Danel, 1906. 44604

Association Parisienne des Propriétaires d'appareils à vapeur. Bulletin annuel. 31° Exercice 1905 (in-8°. 240 × 160 de 116 p.). Paris. Siège de l'Association, 1906. (Don de M. Ch. Compère, M. de la S.). 44513

Herbais de Thun (Ch. de). — *Dimension des moteurs et mode de classification*, par Ch. de Herbais de Thun. (Congrès international des Mines, de la Métallurgie, de la Mécanique et de la Géologie appliquées. Liége, 25 Juin-1er Juillet 1905. Section de Mécanique) (in-8°, 245 × 155 de 12 p. avec 8 tabl.). Liége, Imprimerie La Meuse, 1905. (Don de M. R.-E. Mathot, M. de la S.). 44577

Lombard (J.) et Caen (J.). — *Le contremaître-mécanicien*, par Joanny Lombard et Julien Caen (in-8°, 210 × 185 de vi-505 p. avec 317 fig.). Paris, H. Dunod et E. Pinat, 1906. (Don des éditeurs). 44596

Mathot (R.-E.) et Herbais de Thun (Ch. de). — *Essais des moteurs*, par R.-E. Mathot et Ch. de Herbais de Thun (Congrès international des Mines, de la Métallurgie, de la Mécanique et de la Géologie appliquées. Liége, 25 Juin-1er Juillet 1905. Section de Mécanique) (in-8°, 235 × 155 de 45 p. avec 19 fig.). Liége, Imprimerie La Meuse, 1905. (Don de M. R.-E. Mathot, M. de la S.). 44576

Mathot (R.-E.). — *The Growth of Large Gas-Engines on the Continent*, by Rodolphe E. Mathot (Excerpt Minutes of Proceedings of the Meeting of the Institution of Mechanical Engineers in Liége 21 st. June 1905 pages 619 à 695) (in-8°, 215 × 140 de 77 p. avec 16 pl. et 75 fig.). Westminster, S. W., Published by the Institution. (Don de l'auteur, M. de la S.). 44578

Speakmann (E.-M.). — *The determination of the principal dimensions of the Steam Turbine, with special reference to Marine Work*, by Mr. E.-M. Speakmann (Reprinted from the Transactions of the Institution of Engineers and Shipbuilders in Scotland) (in-8°, 225 × 140 de 71 p. avec 22 fig. et 5 pl.). Glasgow, William Asher and C°. Ltd, 1906. (Don de l'auteur). 44506

STODOLA (A.) ET HAHN (E.). — *Les turbines à vapeur*. Ouvrage suivi de considérations sur les *machines thermiques* et leur avenir, ainsi que sur la *turbine à gaz*, par A. Stodola. Traduit d'après la troisième édition allemande, par E. Hahn (in-8°, 255 × 165 de xxiv-633 p. avec 434 fig. et 2 pl.). Paris, H. Dunod et E. Pinat, 1906. (Don des éditeurs). 44594

WITZ (A.). — *Considérations théoriques et pratiques sur les machines à vapeur surchargées*, par M. Aimé Witz (Extrait du Bulletin de la Société industrielle du Nord de la France, 1906) (in-8°, 250 × 165 de 21 p.). Lille, L. Danel, 1906. (Don de l'auteur, M. de la S.). 44591

Éclairage.

PAYET (J.). — *De l'influence des gazomètres sur la qualité des gaz qu'ils renferment*, par M. J. Payet (Extrait du Compte rendu du trente-troisième Congrès de la Société technique de l'Industrie du gaz en France, tenu à Paris les 19, 20, 21 et 22 Juin 1906) (in-8°, 240 × 155 de 53 p.). Paris, P. Mouillot, 1906. (Don de l'auteur, M. de la S.). 44554

PAYET (J.). — *Procès-verbal des essais d'un gazogène pour le gaz à l'eau soumis au concours de la Société technique*, par M. J. Payet (Extrait du Compte rendu du trente-troisième Congrès de la Société technique de l'Industrie du gaz en France, tenu à Paris les 19, 20, 21 et 22 Juin 1906) (in-8°, 240 × 155 de 19 p. avec 2 pl.). Paris, P. Mouillot, 1906. (Don de l'auteur, M. de la S.). 44555

PAYET (J.). — *Variations du titre du gaz au cours de la fabrication*, par M. J. Payet (Extrait du Compte rendu du trente-troisième Congrès de la Société technique de l'Industrie du gaz en France, tenu à Paris les 19, 20, 21 et 22 Juin 1906) (in-8°, 240 × 155 de 13 p. avec 1 pl.). Paris, P. Mouillot, 1906. (Don de l'auteur, M. de la S.). 44556

Répertoire des Industries : Gaz et Électricité. Édition 1906-1907. Maurice Germain, Directeur (in-18°, 185 × 115 de 748 p.). Paris, 7, rue Geoffroy-Marie. 44588

Économie politique et sociale.

Bulletin de l'Association normande pour prévenir les accidents du travail. Année 1906. N° 27 (in-8°, 270 × 180 de 87 p.). Rouen, au Siège de la Société, 1906. 44561

Chambre de commerce de Dunkerque. Situation commerciale et industrielle de la circonscription. Statistique maritime et commerciale des ports de Dunkerque et de Gravelines. 1905 (in-8°, 250 × 165 de xxxviii-248 p.). Dunkerque, Imprimerie Dunkerquoise, 1906. 44607

Chambre de commerce de Rouen. Compte rendu des travaux pendant l'année 1905 (in-4°, 250 × 195 de 399 p.). Rouen, Imprimerie du Nouvelliste, 1906. 44530

Compte rendu des travaux de la Chambre de commerce de Paris. Année 1905 (in-8°, 275 × 175 de 882 p.). Paris, Librairies Imprimeries réunis, 1906. 44529

Électricité.

BERTHIER (A.). — *Les piles sèches et leurs applications. Lumière de poche. Applications à l'automobile et à l'allumage des moteurs à explosion*, par A. Berthier. 2e édition, revue et augmentée (in-18°, 190 × 130 de 140 p. avec 47 fig.). Paris, H. Desforges. (Don de l'éditeur). 44519

BRUNSWICK (E.-J.) ET ALIAMET (M.). — *Construction des induits à courant continu. Partie mécanique*, par E.-J. Brunswick et M. Aliamet (Encyclopédie scientifique des aide-mémoire) (in-8°, 190 × 120 de 173 p. avec 35 fig.) Paris, Gauthier-Villars; Masson et Cie, 1906. (Don des éditeurs). 44500

État actuel des Industries électriques. Conférences faites sous les auspices de la Société française de Physique et de la Société d'Encouragement pour l'Industrie nationale (in-8°, 255 × 165 de IV-247 p. avec 78 fig.). Paris, Gauthier-Villars, 1906. (Don de l'éditeur). 44523

MONTPELLIER (J.-A.). SARTIAUX (E.). — *L'électricité à l'Exposition universelle et internationale de Liége 1905*, par J.-A. Montpellier, avec une Introduction, par Eug. Sartiaux (in-8°, 255 × 165 de XXX-499 p. avec 238 fig.). Paris, H. Dunod et E. Pinat, 1906. (Don des éditeurs). 44551

PILLONEL (A.). — *L'équilibre des fils électriques. Conditions de pose*, par Auguste Pillonel (Extrait de la Schweiz. Elektrotechnische Zeitschrift 1906. Nos 1 à 17) (in-4°, 345 × 245 de 29 p. avec 21 fig.). Paris, H. Dunod et E. Pinat, 1906. (Don des éditeurs). 44552

Transactions of the American Institute of Electrical Engineers. January to December 1905. Vol. XXIV (in-8, 250 × 160 de VIII-1160 p.). New-York, Published by the American Institute of Electrical Engineers, 1906. 44539

Enseignement.

Programmes de l'enseignement intérieur de l'École nationale des Ponts et Chaussées, arrêtés par le Conseil de l'École et approuvés par le Ministre des Travaux publics le 2 Septembre 1897, mis à jour conformément à la décision ministérielle du 10 Décembre 1900, relative au cours d'économie politique et d'économie sociale. (Ministère des Travaux publics) (in-8°, 235 × 150 de 165 p.). Paris, Imprimerie nationale, 1901. (Don de M. le Directeur de l'École des Ponts et Chaussées). 44558

Programme des conditions d'admission à l'École nationale des Ponts et Chaussées (Collection Delalain. N° 36) (in-8°, 175 × 110 de 36 p.). Paris, Delalain frères, 1906. (Don de M. le Directeur de l'École des Ponts et Chaussées). 44559

Zryd (J.). — *Cours progressif de sténographie (système Prevost-Delaunay). Théorie. Exemples. Exercices d'écriture et de lecture. Conseils pratiques*, par J. Zryd (in-8°, 190 × 120 de 198 p.). Paris, H. Dunod et E. Pinat, 1906. (Don des éditeurs). 44597

Législation.

Annuaire de la Société amicale des anciens Élèves de l'École nationale des Mines de Saint-Étienne. 1906 (in-16°, 150 × 110 de 288 p.). Saint-Étienne, Secrétariat à l'École des Mines. 44534

Boston Society of Civil Engineers. Constitution and By-Laws and List of Members. June 1906 (in-8°, 230 × 150 de 67 p.). Boston, The Mudge Press, 1906. 44518

Charter, Supplemental Charters, By-Laws, and List of Members of the Institution of Civil Engineers (in-8°, 215 × 135 de 276 p.). London, Published by the Institution, 1906. 44580

Grillet (L.). — *La réglementation du travail dans les établissements industriels*, par Louis Grillet (Encyclopédie scientifique des aide-mémoire) (in-8°, 190 × 120 de 172 p.). Paris, Gauthier-Villars; Masson et Cie, 1906. (Don des éditeurs). 44501

Rules and List of Members of the Iron and Steel Institute. Corrected to July 1, 1906 (in-8°, 215 × 135 de 136 p.). London, Published at the Offices of the Institute, 1906. 44574

Western Society of Engineers. Constitution, By-Laws, List of Officers, Members, July 1906 (in-8°, 230 × 150 de 88 p.). Chicago, Secretary's Office. 44544

Métallurgie et Mines.

Arbel (P.). — *Les berlines Arbel en tôle d'acier emboutie* (in-8°, 220 × 140 de 8 p. avec 2 phot.). Paris, 52, boulevard Haussmann. (Don de l'auteur, M. de la S.). 44568

Arbel (P.). — *Les wagons Arbel de grande capacité en tôle d'acier emboutie* (in-8°, 245 × 135 de 12 p. avec 10 phot.). Paris, 52, boulevard Haussmann. (Don de l'auteur, M. de la S.). 44569

Arbel (P.). — *Les wagons de grande capacité de 40 à 50 tonnes en tôle d'acier emboutie, système Fox-Arbel.* Communication faite au District de Paris de la Société de l'Industrie minérale du 21 Janvier 1904, par Pierre Arbel (Extrait des Comptes rendus mensuels de la Société de l'Industrie minérale. Mai 1904) (in-8°, 225 × 140 de 15 p. avec 1 pl.). Saint-Étienne, J. Thomas et Cie, 1904. (Don de l'auteur, M. de la S.). 44570

Arbel (P.). — *Wagons Arbel.* Établissements Arbel, 52, boulevard Haussmann. Pierre Arbel, Administrateur-Délégué. Forges de Douai, Douai (Nord). Forges de Couzon, Rive-de-Gier (Loire) (Album, 365 × 525 de 20 pl.). Paris, 52, boulevard Haussmann, 1903, 1905. (Don de l'auteur, M. de la S.). 44571

Comité central des houillères de France. Annuaire. Houillères, Mines métalliques. Douzième année. 1906 (in-8, 215 × 135 de 96-812 p. avec cartes). Paris, 55, rue de Châteaudun, 1906. 44526

Delafosse (M.-L.). — *Étude d'ensemble sur les charbonnages de Buzac,* par M.-L. Delafosse (in-4°, 275 × 215 de 12 p.). Paris, Société des Publications scientifiques et industrielles, 1906. (Don de l'auteur, M. de la S.). 44585

Demaret (L.). — *La genèse des gisements.* Conférence faite à la Société le 24 Janvier 1906, par M. Léon Demaret (Extrait des Annales des mines de Belgique, t. xi) (in-8, 240 × 155 de 92 p. avec 48 fig.). Bruxelles, Lucien Narcisse, 1906. (Don de la Société Belge des Ingénieurs et des Industriels). 44528

Denoël (L.). — *Recherches expérimentales sur la résistance et l'élasticité des câbles d'extraction,* par L. Denoël (Congrès international des Mines, de la Métallurgie, de la Mécanique et de la Géologie appliquées. Liége, 25 Juin-1er Juillet 1905. Section des Mines) (in-8°, 240 × 140 de 183 p. avec fig.). Liége, H. Vaillant-Carmanne, 1906. (Don de l'éditeur). 44517

Escard (J.). — *Le carbone et son industrie,* par Jean Escard (in-8°, 255 × 165 de xviii-763 p. avec 129 fig.). Paris, H. Dunod et E. Pinat, 1906. (Don des éditeurs). 44593

Gouvy (A.). — *La sidérurgie belge en 1905.* Communication faite à la réunion du District de Paris de la Société de l'Industrie minérale le 8 mars 1906, par Alexandre Gouvy (Bulletin trimestriel de la Société de l'Industrie minérale. Quatrième série. Tome V, 2e livraison, 1906) (in-8°, 225 × 140 de 27 p.). Saint-Étienne, au Siège de la Société. (Don de l'auteur, M. de la S.). 44557

Indice general del Boletin de Minas, Industria y Construcciones, publicado por la Escuela de Ingenieros. *1a serie. Años 1885 à 1905. Tomos I à XX* (in-4°, 315 × 230 de 166 p.). Lima-Perú, Oficina-Tipografica de « La Opinión nacional », 1906. 44553

Statistique des houillères en France et en Belgique, publiée sous la direction de Émile Delecroix. *Janvier 1906* (in-8°, 255 × 165 de 550 p.). Lille, L. Danel, 1906. 44485

The Mineral Industry its Statistics, Technology and Trade. Vol. XIV. Supplementing Volumes 1 to XIII (in-8°, 240 × 160 de xix-739 p.). New-York and London, Engineering and Mining Journal, 1906. 44600

Transactions of the Institution of Mining and Metallurgy. Fifteenth Session 1905-1906. Vol. XV (in-8°, 215 × 140 de viii-659 p.). London, E. and F.-N. Spon. 44605

Navigation aérienne, intérieure et maritime.

BLOCK (E.). — *Siemens-Schuckert Werke. Die Betriebseinrichtungen des Teltowkanals*, von Eric Block (Sonderabdruck aus der Elektrotechnischen Zeitschrift. Heft 22-25. Jahrgang 1906) (in-4°, 365 × 260 de 31 p. à 3 col. avec 45 fig.). Berlin. H. S. Hermann, 1906. (Don de M. Siemens). 44566

FOREST (F.). — *Les bateaux automobiles*, par Fernand Forest (in-8°, 255 × 165 de XIV-703 p. avec 692 fig.). Paris, H. Dunod et E. Pinat, 1906. (Don des éditeurs). 44488

HART (E.). — *Les paquebots du Midland Railway*, par M. Hart (Extrait du Bulletin de l'Association technique maritime. N° 17. Session de 1906 pages 1 à 36) (in-8°, 285 × 190 de 36 p., avec 10 pl.). Paris, Gauthier-Villars, 1906. (Don de l'auteur, M. de la S.). 44610

HART (E.). — *Note sur le changement des roues des paquebots « Le Nord » et « Le Pas-de-Calais »*, par M. Hart (Bulletin de l'Association technique maritime. N° 17. Session de 1906, pages 37 à 54 et pl. I à VIII) (in-8°, 285 × 190 de 18 p. avec 8 pl.). Paris, Gauthier-Villars, 1906. (Don de l'auteur, M. de la S.). 44609

Institute of Marine Engineers. Seventeenth Volume of Transactions. Session 1905-1906 (in-8°, 210 × 135). Stratford. E. 44562

JONGH (G.-J. DE). — *Le port de Rotterdam*, par G.-J. de Jongh. *7e édition* (in-4°, 310 × 240 de 31 p. avec 1 pl.). Rotterdam, Corn's Immig et Zoon, 1906. (Don de l'Association internationale permanente des Congrès de Navigation). 44612

KÖTTGEN (C.). — *Siemens-Schuckert Werke. Le système américain de halage Wood et le système de tracteur à deux rails*, par C. Köttgen (Extrait de l'Elektrotechnische Zeitschrift. N° 32. Année 1906) (in-4°, 365×260 de 5 p. à 2 col. avec 5 fig.). (Don de M. Siemens). 44565

RENAUD, VÉTILLART, DUCROCQ ET DAUMAS. — *Ports Maritimes de la France. Notice sur le port de Fécamp*, par M. Renaud, complétée et mise à jour, par MM. Vétillart et Ducrocq et par M. Daumas (Ministère des Travaux publics) (in-8°, 275 × 185 de 111 p. avec 18 fig. et 1 pl.). Paris, Imprimerie nationale, 1906. (Don du Ministère des Travaux publics). 44582

Transactions of the Institution of Naval Architects. Volume XLVIII (in-4°, 285 × 215 de XLVII-228 p. avec 40 pl.). London, 5, Adelphi Terrace, 1906. 44589

VOISIN BEY. — *Le Canal de Suez*, par Voisin Bey. — *Tome IV.-II.* Description des travaux de premier établissement. Première partie. Projets. Dispositions adoptées en exécution. — *Tome V.-II.* Description des travaux de premier établissement. Deuxième partie. Exécution des travaux. — *Tome VI.-1-II.* Description des travaux de premier établissement. Deuxième partie. Exécution des travaux. — *Tome VI.-2-II.* Description des travaux de premier établissement. Deuxième partie. Exécution des travaux (suite) (4 vol. in-8°, 235 × 150 avec 2 atlas 310 × 235, pl. X à XL). Paris, Vve Ch. Dunod, H. Dunod et E. Pinat, 1904, 1906. (Don des éditeurs). 44493 à 44498

Physique.

Lecouffe (E.). — *Foyer vertical fumivore à chargement automatique*, par E. Lecouffe (L'Écho des Mines et de la Métallurgie. N° 1772. Jeudi 19 avril 1906, pages 459 et 460). Paris, Imprimerie des Mines et Usines, 1906. (Don de l'auteur, M. de la S.). 44492

Marchis (L.). — *Leçons sur la production et l'utilisation des gaz pauvres*, par M. L. Marchis (Université de Bordeaux. Faculté des Sciences. Année 1905-1906) (in-4°, 225 × 200 de 344-x p. avec 130 fig. et 2 pl. autographiées). Paris, H. Dunod et E, Pinat. (Don des éditeurs). 44514

Marchis (L.). Malaquin (E.) et Nerdeux (L.). — *Production et utilisation du froid*, par L. Marchis. Préface de MM. E. Malaquin et L. Nerdeux (in-4°, 315 × 225 de 586 p. avec 403 fig.). Paris, H. Dunod et E. Pinat, 1906. (Don des éditeurs). 44550

Proumen (H.). — *La radioactivité spontanée et provoquée*. Conférence faite à la Société le 12 Mai 1906, par M. Henri Proumen (Société Belge des Ingénieurs et des Industriels) (in-8°, 240 × 160 de 15 p. avec 8 fig. et 2 phot.). Bruxelles, Imprimerie A. Lesigne, 1906. (Don de la Société Belge des Ingénieurs et des Industriels). 44520

Verrier (P.). — *Note sur l'utilisation de la chaleur provenant de l'échappement des moteurs à vapeur*, par M. Paul Verrier (in-8°, 210 × 135 de 4 p.). Reims, Imprimerie de l'Indépendant Rémois, 1906. (Don de l'auteur, M. de la S.). 44521

Routes.

Annuaire des Agents Voyers. 1906. Soixante-unième édition. Personnel (Annales des Chemins vicinaux. 61e année. N° 1. Janvier 1906) (in-8°, 215 × 140 de 140 p.). Paris, Imprimerie Paul Dupont. 44531

Nivellement général de la France. Répertoire des emplacements et altitudes des repères. Réseau de troisième ordre et première partie du réseau de quatrième ordre. Lignes comprises dans les polygones C' deuxième fascicule, D deuxième fascicule et F' premier fascicule (3 brochures in-8°, 265 × 180) (Ministère des Travaux publics). Nantes, Imprimerie N. Schwob et Cie, 1904, 1906. (Don de M. Ch. Lallemand). 44545 à 44547

Sciences mathématiques.

Pickworth (Ch. N.). — *The slide rule. A practical Manual*, by Charles N. Pickworth. *Tenth Edition* (in-16°, 185 × 125 de 105 p. avec 24 fig.). Manchester, London, New-York, Emmott and C°. (Don de l'éditeur). 44575

Vronecki (Th.). — *Tables tachéométriques donnant, sans calculs ni interpolations, les distances et les hauteurs des points levés au tachéomètre, comprenant les éléments relatifs à tous les calculs des levés tachéométriques*, par Th. Vronecki (in-8°, 220 × 135 de xvi-377 p.). Constantinople, A.-A. Coromilas, 1902. (Don de l'auteur). 44504

Vronecki (Th.). — *Tables trigonométriques centésimales, pour le tracé des courbes des voies de communication, augmentées de Tables tachéométriques, suivies d'un Recueil des coordonnées polaires et coordonnées rectangulaires, de Tables donnant les éléments de raccordement des courbes et des déclivités des voies de fer et de nombreuses Tables relatives à la pose des voies de fer*, par Th. Vronecki (in-8°, 215 × 140 de viii-384 p. avec 33 fig.). Constantinople, A.-A. Coromilas, 1902. (Don de l'auteur). 44505

Sciences morales. — Divers.

Hagemans (P.). — *Quelques mots sur les États-Unis.* Conférence faite à la Société le 13 Juin 1906, par M. Paul Hagemans (Société Belge des Ingénieurs et des Industriels) (in-8°, 240 × 155 de 43 p. avec photog.). Bruxelles, Imprimerie des Travaux publics, 1906. (Don de la Société Belge des Ingénieurs et des Industriels). 44535

Perthes (J.). — *Stielers Hand-Atlas*, 100 Karten in Kupferstich mit 162 Nebenkarten. Herausgegeben, von Justus Perthes' Geographischer Anstalt in Gotha (in-f°, 410 × 260 de 100 pl. avec Alphabetisches Namenverzeichnis zur neunten, von Grun daus neubearbeiten und neugestochenen Auflage von Stielers Hand-Atlas. Zweiter berichtigter Abdruck). Gotha, Justus Perthes, 1906. 44489

Technologie générale.

Association des Ingénieurs de l'Institut industriel du Nord. Trentième anniversaire de la fondation de l'Association. Fêtes commémoratives 1876-1906 (in-8°, 245 × 155 de 39 p.). Lille, Imprimerie Le Bigot frères. 44601

Atti della R. Accademia dei Lincei. Anno CCCIII. 1906. Rendiconto dell' adunanza solenne del 3 Giugno 1906. Vol. II. (in-4°, 310 × 220, pages 215 à 268). Roma, Tipografia della R. Accademia dei Lincei, 1906. 44511

Brette (A.) et Poincaré (R.). — *Congrès des Sociétés savantes à la Sorbonne. Discours prononcés à la séance générale du Congrès le samedi 21 avril 1906*, par M. Armand Brette et M. Raymond Poincaré (in-8°, 250 × 170 de 42 p.). Paris, Imprimerie nationale, 1906. (Don du Ministère de l'Instruction publique). 44536

Bulletin du Laboratoire d'Essais mécaniques, physiques, chimiques et de machines du Conservatoire national des Arts et Métiers. N° 8. Essais de compteurs d'eau, par M. A. Perot et M. H. Michel-Levy (in-8°, 250 × 165 de 28 p. avec 5 pl.). Paris, Ch. Béranger, 1906. (Don de M. le Directeur du Laboratoire d'Essais du Conservatoire national des Arts et Métiers). 44606

Catalogue des livres composant la Bibliothèque de l'École nationale des Ponts et Chaussées. Supplément 1895-1905 (in-8°, 230 × 150 de 396 p.). Paris, Imprimerie nationale, 1905. (Don de M. le Directeur de l'École des Ponts et Chaussées). 44507

Catalogue officiel des Collections du Conservatoire national des Arts et Métiers. Deuxième Fascicule. Physique (Ministère du Commerce, de l'Industrie, des Postes et des Télégraphes) (in-8°, 220 × 135 de 225 p. dont 3 pl.). Paris, E. Bernard, 1905. (Don de M. le Directeur du Conservatoire national des Arts et Métiers). 44509

Cinquantenaire de la Société des Ingénieurs sortis de l'École provinciale d'industrie et des mines du Hainaut, 8 et 9 Octobre 1905 (in-8°, 245 × 165 de 44-XLIV p.). Liége, Paris, Bureaux de la Revue universelle des Mines. 44587

Exposition internationale de Saint-Louis U. S. A. 1904. Section française. Rapport des groupes 115 à 119. Groupes 115, 116 et 117. M. Jean Bès de Berc, Rapporteur. *Groupes 118 et 119.* M. E. Gruner, Rapporteur (Ministère du Commerce, de l'Industrie, des Postes et des Télégraphes) (in-8°, 270 × 185 de 157 p. avec 25 fig.). Paris, Comité français des Expositions à l'Étranger, 1906. (Don de M. P. Schneider, M. de la S.). 44516

GRAFFIGNY (H. DE). NANSOUTY (M. DE). — *Dictionnaire des termes techniques employés dans les sciences et dans l'industrie.* Recueil de 25.000 mots techniques avec leurs différentes significations, par Henry de Graffigny. Préface de Max de Nansouty (in-16, 190 × 130 de x-840 p.). Paris, H. Dunod et E. Pinat, 1906. (Don des éditeurs). 44532

Ingenieurwerke in und bei Berlin. Festschrift zum 50 Jährigen Bestchen des Vereines deutcher Ingenieure. Gewidmet vom Berliner Bezirksverein deutscher Ingenieure (in-8°, 270 × 190 de VIII-535 p. avec fig.). Berlin, Julius Sittenfeld, 1906 (Don de M. A. Gouvy, M. de la S., de la part de la Société des Ingénieurs Allemands). 44599

L'Année scientifique et industrielle, fondée par Louis Figuier. *Quarante-neuvième année 1905*, par Émile Gautier (in-18, 185 × 120 de VIII-383 p.). Paris, Hachette et Cie, 1906. 44603

Minutes of Proceedings of the Institution of Civil Engineers, with other selected and abstracted Papers. Vol. CLXIV. 1905-06. Part. II (in-8°, 215 × 135 de VIII-528 p. avec 4 pl.). London, Published by the Institution, 1906. 44579

Pamentni Spis Octyricitiletém Trvani Spolku Architektuv a Inzenyrü v. Král. Ceském 1865-1905 (in-8°, 270 × 180 de 160 p. avec photog.). V. Praze, 1906. 44533

PICARD (A.). — *Exposition universelle et internationale de 1900 à Paris. Le bilan d'un siècle (1801-1900)*, par M. Alfred Picard. *Tome premier. Éducation et Enseignement. Lettres. Sciences. Arts.* (République Française. Ministère du Commerce, de l'Industrie et du Travail) (in-8°, 285 × 195 de IV-530 p.). Paris, Imprimerie nationale, 1906. (Don de l'auteur, M. de la S.). 44592

Programme du Congrès des Sociétés savantes à Montpellier, en 1907 (Ministère de l'Instruction publique et des Beaux-Arts. Comité des Travaux historiques et scientifiques) (in-8°, 235 × 175 de 24 p.). Paris, Imprimerie nationale, 1906. (Don du Ministère de l'Instruction publique). 44537

Revista do Club de Engenharia. Anno de 1906. N° 14 (in-8°, 270 × 180 de XV-256 p.). Rio de Janeiro, Imprensa nacional, 1906. 44581

Société industrielle de Mulhouse. Programme des prix proposés en assemblée générale le 27 Juin 1906, à décerner en 1907 (in-8°, 250 × 165 de 62 p.). Mulhouse, Vve Bader et Cie, 1906. 44567

Société industrielle de Saint-Quentin et de l'Aisne. Bulletin n° 51. Tome I et Tome II. 1905 (2 vol. in-8°, 250 × 165 de 120-69 et de 90 p.). Saint-Quentin, Ch. Poette, 1906. 44524 et 44525

STRECKER (K.). — *Einheitliche Formelzeichen. Bericht des Ausschusses des Elektrotechnischen Vereins, erstattet*, von K. Strecker (Sonderabdruck aus der Elektrotechnischen Zeitschrift 1906. Heft 19) (in-8°, 270 × 190 de 15 p.). Berlin, Julius Springer. (Don de Elektrotechnischer Verein). 44502

The Journal of the Iron and Steel Institute. Vol. LXIX. N° 1. 1906 (in-8°, 220 × 140 de XIV-582 p. avec 11 pl.). London, E. and F. N. Spon, 1906. 44573

The Junior Institution of Engineers. Record of Transactions. Volume XV. Twenty-fourth session 1904-1905 (in-8°, 220 × 140 de LXVI-379-36 p.). London, Percival Marshall and C°, 1906. 44490

Transactions of the American Society of Civil Engineers. Vol. LVI. June 1906 (in-8°, 230 × 150 de VI-492 p. avec 33 pl.). New-York, Published at the House of the Society, 1906. 44522

Transactions of the Engineering Society of the School of Practical Science. Faculty of Applied Science an Engineering University of Toronto. N° 19. 1905-1906 (in-8°, 225 × 145 de 18-168 p.). Toronto, The Carswell Company Limited, 1906. 44586

Travaux publics.

Annales des Ponts et Chaussées. 1re partie. Mémoires et documents. 76e année. 8e série. Tome XXII. 1906. 2e trimestre (in-8°, 250 × 165 de 337 p. avec pl. 9 à 16). Paris, E. Bernard. 44563

Annales des Travaux publics de Belgique. Tables des matières. Deuxième série. Tomes I à X. Années 1896 à 1905 (Ministère des Finances et des Travaux publics) (in-8°, 240 × 165 de 129 p.). Bruxelles, J. Goemaere. 44527

Feret (R). — *Étude expérimentale du ciment armé*, par R. Feret (Encyclopédie industrielle, fondée par M.-C. Lechalas) (in-8°, 255 × 165 de iv-778 p. avec 197 fig.). Paris, Gauthier-Villars, 1906. (Don de l'éditeur). 44515

Martel (H.), Loverdo (J. de), Mallet, Leclainche (E.). — *Les abattoirs publics. Volume II. Inspection et administration des abattoirs. Installation des marchés aux bestiaux*, par H. Martel, J. de Loverdo et Mallet. Préface de M. E. Leclainche (in-8°, 250 × 165 de vi-645 p. avec 110 fig.). Paris, H. Dunod et E. Pinat, 1906. (Don des éditeurs). 44548

Relevé des travaux exécutés en système Hennebique pendant l'année 1905 (Le Béton armé. Neuvième année. Supplément au numéro 97 de Juin 1906) (in-4°, 305 × 220 de 143 p. avec 64 fig.). Paris, 1, rue Danton. (Don de M. Hennebique, M. de la S.). 44503

Sancenot (E). — *Notice sur la distribution d'eau de Cosne (Eau de la Loire filtrée par le sable et stérilisée par l'ozone)*, par E. Sancenot (in-4°, 270 × 220 de 18 p. avec 8 fig.). Cosne, Imprimerie A. Bureau, 1906. (Don de M. P. Guéroult, M. de la S., de la part de l'auteur). 44538

Turin (A.). — *L'aménagement des Établissements publics. Application aux Sanatoriums et Hôpitaux. Chauffage, Ventilation, Éclairage. Alimentation et stérilisation des eaux, Désinfection*, par André Turin (in-8°, 240 × 150 de 216 p. avec 92 fig. et 3 pl.). Paris, H. Dunod et E. Pinat, 1906. (Don des éditeurs). 44486

Voies et Moyens de communication et de transport.

Gritty (L[t]). — *Notre Empire colonial africain. De sa mise en valeur par l'utilisation des trains à propulsion continue, système Renard*, par le Lieutenant Gritty (in-8°, 190 × 120 de viii-101 p. avec 1 carte). Paris, H. Dunod et E. Pinat, 1906. (Don des éditeurs). 44487

MEMBRES NOUVELLEMENT ADMIS

Les Membres nouvellement admis pendant le mois d'octobre 1906 sont :

Comme Membres Sociétaires Titulaires, MM. :

L. CANART, présenté par MM. Bunzli, Lagneau, Reiss.
L. FRY, — Godfernaux, A. Henry, S. Périssé.
P. JARDILLIER, — Buart, A. Thomas, Werth.
L. LEMAITRE, — Dumont, Calmettes, Jousselin.
J. METHIEUX, — Gaget, Nillus, Villemagne.
A. NUGUES, — de Fréminville, Gallois, L. Masson.
R. ROGER-MARVAISE, — Buquet, Hegelbacher, Monnory.
J. PIERSON (Membre Associé devenu Sociétaire titulaire).
O.-G. PIERSON, — —

Comme Membres Sociétaires Assistants, MM. :

J. LEMAY, présenté par MM. Reumaux, Du Bousquet, Decourchelle
G. DE LEVIS MIREPOIX, — Buquet, de Chasseloup-Laubat, de Dax.
J. STROHL, — Ch. Bourdon, Catala, Grouvelle.

Comme Membres Associés, MM. :

L. BOCQUET, présenté par MM. Bordé, Brunsvick, G. Piat.
G. LOISELLE, — G. Nauton-Fourteu, H. Nauton-Fourteu, Lumet.

RÉSUMÉ

DES

PROCÈS-VERBAUX DES SÉANCES

DU MOIS D'OCTOBRE 1906

PROCÈS-VERBAL

DE LA

SÉANCE DU 5 OCTOBRE 1906

Présidence de M. A. Hillairet, Président.

La séance est ouverte à 8 heures trois quarts.

Le procès-verbal de la dernière séance est adopté.

M. le Président a le regret de faire connaitre le décès de MM. :

D. Becker, ancien élève de l'École Centrale (1889), Ingénieur-Architecte, correspondant de la Société à Yokohama (Japon);

G.-J. Chaligny, ancien élève de l'École Centrale (1858), Membre de la Société depuis 1868, chevalier de la Légion d'honneur, Ingénieur constructeur de machines;

P.-E. Chevalier, ancien élève de l'École des Mines de Saint-Étienne (1842). Membre de la Société depuis 1876, constructeur de wagons;

L.-P.-L. Delahaye. Membre de la Société depuis 1898, Ingénieur chez MM. Bapterosse et Cie, à Briare;

P. Doucet, ancien élève de l'École Centrale (1873), Membre de la Société depuis 1899, Ingénieur constructeur d'appareils pour la fabrication de bougies, de savons et de glycérines;

P.-A. Dubois, ancien élève de l'École d'Arts et Métiers de Châlons (1878), Membre de la Société depuis 1896, constructeur de machines pour briqueteries et tuileries;

L.-P. Dupuy, ancien élève de l'Ecole Centrale (1852), Membre de la Société depuis 1858, ancien membre du Conseil municipal de Paris et du Conseil général de la Seine, Administrateur de Sociétés de Travaux publics, Membre du Comité de 1872 à 1875;

J.-A. Fleury, ancien élève de l'Ecole supérieure des Mines de Paris, Membre de la Société depuis 1875, chevalier de la Légion d'honneur.

M. Fleury a été Membre du Comité de 1890 à 1894 et Vice-Président en 1894-1895 et 1896. Il était Professeur à l'École libre des sciences politiques, Membre du Comité des Travaux publics des Colonies, du Comité consultatif de la Navigation et des Ports et du Comité consultatif des Chemins de fer, et Secrétaire perpétuel de la Société d'Économie politique;

C. Granddemange, ancien élève de l'École d'Arts et Métiers de Châlons (1893), Membre de la Société depuis 1887, Ingénieur-Constructeur;

J.-B. Le Bouvier, Membre de la Société depuis 1891, chef de la comptabilité et du service des magasins au Chemin de fer d'Orléans, en retraite, Président de la Société anonyme coopérative de construction de maisons à bon marché « le Cottage d'Athis »;

L. Malo, ancien élève de l'École Centrale (1852), Membre de la Société depuis 1853, chevalier de la Légion d'honneur, Ingénieur-Conseil de la Compagnie des Mines d'asphalte de Seyssel;

A. Moisant, ancien élève de l'École Centrale (1859), Membre de la Société depuis 1864. Ancien constructeur de travaux métalliques, ancien Président de la Chambre de Commerce de Paris, ancien Membre du Comité consultatif des Chemins de fer, Président de la Société anonyme des ateliers Moisant, Laurent, Savey, Membre du Conseil de perfectionnement de l'École Centrale, ancien Président de l'Association amicale des anciens élèves de l'École Centrale, commandeur de la Légion d'honneur.

M. le Président adresse aux familles de ces Collègues l'expression des sentiments de profonde sympathie de la Société.

M. le Président a le plaisir de faire connaître les décorations et nominations suivantes :

Ont été nommés :

Officiers de la Légion d'honneur : MM. Guedes de Queiroz et P. Zens;

Chevaliers de la Légion d'honneur : MM. Ch. Sauvelet, G.-A. Schoeller, E.-E. Lattès, A.-A.-L.-L. Lefèvre, C. Malissart, Ch. Stigler;

Officiers de l'Instruction publique : MM. P.-L. Barbier, J.-E. Bocquin, Bursaux, Gaveau;

Officiers d'Académie : MM. L.-Ch. de Bovée, Ed. Fouché, Thuau, Élié;

Officiers du Mérite Agricole : M. Philbert;

Chevaliers du Mérite Agricole : MM. E.-J.-E. Carrot, Em. Demuth, L. Godard-Desmarest, Manaut, Ch.-M. Pelletier;

Commandeur du Nichan Iftikhar et officier de Sant Iago : M. G. Hersent;

Chevalier de Léopold : M. Hiard;

Officier de la Couronne de Roumanie : M. P. Regnard;

Commandeur du Medjidié : M. Hiard;

Chevalier de l'Ordre du Cambodge : M. Haour;

Chevalier de l'Etoile d'Anjouan : M. Élié.

Ont été nommés Conseillers du Commerce extérieur : MM. Boilève, R. Ellissen, L. Gugenheim, A. Lang.

M. J. Garçon a obtenu le prix quinquennal de l'Exposition de la Société Industrielle de Rouen.

M. le Président adresse à ces Collègues les félicitations de la Société.

M. le Président dépose sur le bureau la liste des ouvrages reçus depuis la dernière séance.

Cette liste sera insérée dans l'un des plus prochains Bulletins.

M. le Président fait connaître que deux plis cachetés ont été déposés aux archives : le premier, à la date du 2 août, par M. G.-L.-L. Gaultier et le second, à la date du 1er octobre, par M. G. Marié.

Le 45e Congrès des Sociétés savantes se tiendra à Montpellier le 2 avril 1907 et jours suivants.

M. le Président dit que les Membres de la Société, désireux de réaliser les obligations de l'Emprunt pour la construction de l'Hôtel, dont ils pourraient être possesseurs, sont avisés que la Société a, en ce moment, preneur pour un certain nombre de ces obligations.

M. A. Gouvy a la parole pour faire le *Compte rendu du Cinquantenaire de l'Association des Ingénieurs allemands* et donner quelques détails sur *les Constructions civiles et les Industries diverses de Berlin en 1905-1906*.

M. A. Gouvy rend compte tout d'abord de la réception qui lui a été faite à titre de délégué de la Société des Ingénieurs Civils de France au Cinquantenaire de l'Association des Ingénieurs Allemands à Berlin, du 10 au 14 juin dernier, et tient à remercier M. le Président et ses Collègues du Comité d'avoir bien voulu le charger de cette mission.

M. Gouvy passe rapidement en revue les réceptions et fêtes diverses offertes aux délégués et signale les intéressantes communications présentées aux réunions des 12 et 13 juin à l'École de Charlottenbourg; ces communications ont porté en effet sur les points suivants :

1° Développement et importance actuelle de la turbine à vapeur, par M. A. Riedler;

2° Méthodes techniques pour le traitement et l'emploi de l'azote de l'atmosphère, par M. Müchmann;

3° Production et utilisation de la force motrice dans les mines et les usines, par M. Hoffmann.

Se basant ensuite sur les visites d'établissements et excursions organisées à Berlin et aux environs, M. Gouvy fournit quelques indications, forcément sommaires, relatives aux constructions civiles et aux industries diverses de Berlin en 1905-1906; il appuie ses observations par une série de projections, et croit devoir renvoyer, pour les détails, à la publication de luxe éditée par l'Association des Ingénieurs Allemands à l'occasion du Cinquantenaire et dont un exemplaire a été remis à la bibliothèque de notre Société.

M. Gouvy passe ainsi en revue les points suivants :

1° Moyens de transport et de communication de Berlin, Métropolitain, canaux divers et notamment le nouveau canal de Teltow avec halage électrique;

2° Installations pour l'alimentation d'eau et la canalisation de la ville et des faubourgs;

3° Usines à gaz et manutention des houilles et cokes;

4° Stations centrales d'électricité, parmi lesquelles il y a lieu de signaler celle d'Oberspree avec ses puissantes turbines à vapeur;

5° Établissements industriels les plus importants visités, notamment les fabriques de câbles de la A. E. G. (Société Générale électrique) et de la Société Siemens-Schuckert, l'usine Werner pour appareillages électriques de cette même Société, les fabriques de locomotives et machines de A. Borsig, à Eegel, et de L. Schwartzkopff, les grands ateliers de construction de machines-outils de L. Lœwe (machines de précision) et des usines Miles;

6° Établissements scientifiques de Berlin tels que l'Office des brevets, les Instituts spéciaux pour essais physico-techniques, d'une part, et de matériaux, d'autre part, et enfin l'École Technique supérieure de Charlottenbourg avec ses nombreux laboratoires spéciaux.

M. Gouvy n'a voulu donner ainsi qu'un aperçu succinct des progrès accomplis dans l'art de l'Ingénieur en Allemagne, cet aperçu pouvant servir partiellement de guide aux Ingénieurs français qui auraient l'occasion de visiter Berlin, en tant qu'il appelle leur attention sur les points saillants méritant un examen plus détaillé suivant la spécialité des intéressés.

M. le Président rappelle que le Comité a délégué, pour le représenter au Cinquantenaire de l'Association des Ingénieurs Allemands, M. Gouvy, parce que celui-ci est connu en Allemagne, y jouit d'une réputation qui ne pouvait qu'être favorable à la Société des Ingénieurs Civils de France, et possède une connaissance approfondie de la langue allemande. Dans ces conditions, la préséance flatteuse attribuée à M. Gouvy dans les différentes réunions parait naturelle.

En remerciant M. Gouvy, M. le Président adresse de nouveau les remerciements de la Société à M. Slaby, Président de l'Association des Ingénieurs Allemands.

A propos des laboratoires de Charlottenbourg dont a parlé M. Gouvy, et où les chercheurs peuvent à des tarifs établis obtenir l'usage des instruments et des salles de cet établissement, M. le Président fait observer que les laboratoires des Universités françaises pour les travaux de physique et de chimie, et le laboratoire central de la Société des Électriciens pour les travaux d'électricité, donnent exactement les mêmes facilités.

M. L. Guillet a la parole pour sa communication sur *les Traitements thermiques des produits métallurgiques*.

M. Guillet, après avoir rappelé les différents traitements que les produits métallurgiques peuvent subir, traitements mécaniques, traitements chimiques, traitements thermiques, divise sa communication en trois parties :

I. *Étude théorique des alliages métalliques. — Établissement du diagramme des alliages de deux métaux.*

L'auteur s'appuie sur la théorie des solutions pour faire la théorie des alliages. Le point de départ est la *loi des phases de Gibbs* qui s'énonce :

La variance d'un système chimique V est donnée par la relation

$$V = C + P - \varphi$$

C = composés indépendants du système;
P = facteurs d'équilibre;
φ = phases du système ou corps homogènes rentrant dans le système.

Après s'être arrêté sur cette définition, on étudie les lois qui régissent les systèmes de différentes variances. Les systèmes bivariants, qui servent de point de départ à la théorie des alliages, font l'objet d'un exposé particulièrement développé. Les cas suivants sont étudiés :

1° Solution d'un sel laissant déposer le sel;

2° Solution d'un sel laissant déposer un hydrate;

3° Enfin, le cas de la solution d'un sel laissant déposer deux hydrates (système univariant).

Passant ensuite à la solution d'un sel dans un sel, M. Guillet montre les analogies avec le cas des solutions dans l'eau (eutectique, combinaison, solution solide). Enfin, il arrive à la théorie des alliages et s'arrête spécialement sur la détermination du *liquidus* et du *solidus*, dont il étudie et les diverses formes et l'importance théorique.

La solution solide fait l'objet d'un paragraphe spécial, ainsi que la détermination des points de transformation.

Le diagramme des alliages de deux métaux est tracé en portant sur l'axe des x la composition des alliages, sur l'axe des y les températures.

M. Guillet donne comme exemple le diagramme des alliages cuivre-aluminium qu'il a tracé dernièrement;

II. *Théorie générale de la trempe.*

Après avoir donné la définition industrielle de la trempe, l'auteur, s'appuyant sur les théories physico-chimiques qu'il vient de développer, donne la définition suivante :

Un alliage prend la trempe, lorsque, porté à température convenable et brusquement refroidi dans un bain liquide ou gazeux, il a subi une transformation intermoléculaire autre que celle qu'aurait produite un refroidissement lent.

Il montre que l'on peut distinguer trois cas de trempe :

1° Alliages à points de transformation; ils prennent la trempe supérieure au point de transformation;

2° Alliages formés d'une solution *solidus* hétérogène qui devient homogène par chauffage. L'auteur cite l'exemple d'alliages cuivre-étain renfermant moins de 8 0/0 d'étain;

3° Trempes faites au-dessus du *solidus*, au moment par conséquent où une partie au moins du métal est à l'état liquide; cette partie est alors saisie et prend une texture très fine.

Les facteurs de la trempe sont ensuite étudiés en détails : température de trempe, température et masse du bain de trempe, nature du bain de trempe (conductibilité, chaleur spécifique, volatilisation, etc.);

III. *Application de la trempe aux produits industriels.*

M. Guillet passe successivement en revue les différents cas industriels qui peuvent se présenter, en suivant la division précédemment indiquée.

A propos de la trempe d'alliages à points de transformation, il étudie la trempe des aciers ordinaires et spéciaux, des bronzes, des alliages cuivre-aluminium, plomb-antimoine, plomb-étain, etc.

A propos de la trempe d'alliages hétérogènes, il montre l'influence de la trempe sur certains bronzes et certains alliages cuivre-aluminium.

Enfin, comme exemples de trempes faites au-dessus du *solidus*, l'auteur fait voir l'influence de la vitesse de refroidissement sur les bronzes au plomb et les antifrictions.

M. Guillet se propose de revenir, dans une nouvelle communication, sur les traitements thermiques autres que la trempe : recuit et revenu.

M. le Président remercie M. Guillet de l'intéressant exposé de ses derniers travaux concernant le traitement thermique des produits métallurgiques et, en particulier, la trempe, et exprime l'opinion que le rappel des théories de chimie physique de Le Chatelier, de Gibbs et de Van T'Off dans le préambule facilitera l'étude du mémoire publié dans le Bulletin.

Il est donné lecture, en première présentation, des demandes d'admission de MM. L. Canart, P. Jardillier, comme Sociétaires Titulaires ; M. Strohl, comme Sociétaire Assistant et de MM. L. Bocquet et G. Loiselle, comme Associés.

MM. L. Fry, L. Lemaitre, J. Methieux, A. Nugués, R. Roger-Marvaise, J. Pierson, O. Pierson sont admis comme Membres Sociétaires Titulaires, et MM. G. de Lévis-Mirepoix et I. Lemay sont admis comme Membres Sociétaires Assistants.

La séance est levée à 11 heures un quart.

L'un des Secrétaires techniques :
H. Dufresne.

PROCÈS-VERBAL

DE LA

SÉANCE DU 19 OCTOBRE 1906

PRÉSIDENCE DE M. A. HILLAIRET, PRÉSIDENT.

La séance est ouverte à 8 heures trois quarts.

Le Procès-Verbal de la précédente séance est adopté.

M. LE PRÉSIDENT a le regret de faire connaître le décès de :

M. E.-G.-G. Paliès, Ancien Élève de l'École Centrale (1871), Membre de la Société depuis 1881, Ingénieur de la Société des Houillères de Carmaux.

M. le Président adresse à la famille de ce Collègue les sentiments de douloureuse sympathie de la Société.

M. LE PRÉSIDENT est heureux de signaler qu'à l'occasion des Expositions de Saint-Louis, Arras et Liége un assez grand nombre de nos Collègues ont reçu des distinctions.

Ce sont d'abord parmi les Membres du Comité, MM. Couriot, Ancien Président; Harlé, Président de la Sixième Section du Comité; Vésier, Membre de la Quatrième Section du Comité, qui ont été nommés officiers de la Légion d'honneur et M. Koechlin, Membre de la Deuxième Section du Comité, qui a été nommé chevalier de la Légion d'honneur.

En outre, en dehors du Comité, MM. Ch. Compère, G. Despret, H. Deutsch (de la Meurthe), A. Frager, A. Metz, J. Michaud, R. Panhard, A. Vautier, ont été nommés officiers de la Légion d'honneur.

MM. A. Aubert, L. Auscher, J. Bidermann, E. Blin, L. Candlot, C. Chômienne, L.-J. Clerc, J. Coignet, Ch. David, L. Domage, H. Falconnet, G. Giard, H.-N. Grosselin, G. Guary, P. Héroult, J. Holzschuch, P. Malissard, A. Niclausse, L. Renault, G. Risler, E.-G. Rouy, G. Salmon, A. Savy, ont été nommés Chevaliers de la Légion d'honneur.

D'autre part, M. A. Lavezzari a été nommé chevalier de la Légion d'honneur,

Et M. L. Schrœder a été nommé Grand Officier de l'ordre impérial du Medjidié.

M. le Président adresse à tous ces Collègues les félicitations de la Société.

M. LE PRÉSIDENT est heureux de faire connaître que M. Chaffin, Membre récemment admis, a fait don d'une somme de 100 f au profit du fonds social. Il lui adresse les remerciements de la Société.

M. le Président dépose sur le Bureau la liste des ouvrages reçus depuis la dernière séance. Cette liste sera insérée dans un des prochains Bulletins.

M. le Président fait connaître que la Ville d'Oran met au concours, sur titres, l'emploi de Directeur des Travaux de la Ville.

La Société de Géographie commerciale de Bordeaux met au concours l'obtention des Prix de Saint-Laurent.

Tous ces documents sont déposés à la Bibliothèque.

M. le Président rappelle que M. Brocq a fait, à la séance du 1er juin dernier, une communication sur *les compteurs*. M. Bergès a fait savoir qu'il avait quelques observations à présenter, comme suite à la communication de M. Brocq. Ce sont ces observations que M. Bergès va développer. S'il s'en présente ensuite d'autres, la discussion pourra continuer.

M. P. A. Bergès explique, tout d'abord, qu'il n'entend critiquer aucun modèle particulier de compteur d'eau. Il se félicite des perfectionnements qu'on apporte à ces appareils indispensables et précieux quand il s'agit de compter de l'eau. Peut-être pourrait-on cependant regretter la persistance de la Ville de Paris à imposer les types dits « à piston » qui sont chers, plus facilement détraquables que les autres et plus difficiles à réparer. On dit qu'ils comptent plus juste, mais c'est fort douteux si l'on envisage tout l'ensemble de ceux qui sont en service, car il résulte des statistiques officielles que près du quart de cet ensemble est continuellement en attente de réparations. Or, comment peut compter un compteur qui a besoin de réparations ? Mal ou pas du tout.

La question des compteurs d'eau dans les distributions publiques mérite d'être envisagée à d'autres points de vue que celui des appareils considérés en eux-mêmes. Quand on compte l'eau à son entrée dans un appartement, on la renchérit et on la raréfie ; plus exactement on en restreint l'usage. Plus cependant progressent les sociétés, plus l'hygiène impose ses lois ; or la pierre angulaire de l'édifice hygiénique moderne est la mise à la disposition des ménages d'eau vraiment potable, dans toute la mesure des besoins normaux de la vie.

Si l'on étudie le règlement des eaux de la ville de Lyon, on voit apparaître nettement les graves conséquences de ces premières remarques.

La ville de Lyon a municipalisé son service des eaux en 1900. A ce moment, après cinquante ans de fonctionnement de la concession à une Société privée, il y avait 20 000 cuisines munies d'un robinet sur 140 000 existantes. Ces robinets étaient tous libres, car à aucune époque, de crainte de faire fléchir le chiffre de ses recettes, la Compagnie ne voulut imposer le compteur. Le public ne s'en plaignait pas et, par suite de l'élévation des tarifs, qui limitait le nombre des abonnés, par suite aussi des sacrifices de la ville qui avait la charge de se procurer l'eau à distribuer, le gaspillage n'avait pas de conséquences graves. Mais il n'y avait que 20 000 cuisines pourvues d'eau. Émue de cette circonstance, la municipalité, devenue maîtresse du service, créa des abonnements à 12 et 18 f pour les loyers de 300 et de 500 f, alors que l'ancien minimum était de 36 f. Le robinet resta libre et on obtint

ainsi 20 000 nouveaux abonnements. C'est encore la situation à ce jour, en sorte qu'il y a 100 000 cuisines non pourvues d'eau. On songea dès lors à abaisser à 6 f le minimum d'abonnement ; l'appréhension du manque d'eau a paralysé l'adoption de cette mesure.

Tout un parti s'était depuis longtemps formé pour réclamer l'introduction des compteurs. Mais, avec les compteurs, qu'allait devenir l'œuvre démocratique de l'abaissement du prix ?

Le propriétaire, dit-on, recevra l'eau pour tous ses locataires, mais la répercussion est certaine sur le prix des loyers, et cette répercussion peut revêtir la forme d'un abus et être l'occasion de majorations. L'auteur, citant un fait personnel, dit que son bail, par exemple, lui impose un remboursement de 150 f d'eau au propriétaire. Est-il le seul ? Non, assurément. D'ailleurs on sait ce qu'est devenue, à Paris, cette théorie : elle achemine tout doucement vers le compteur d'appartement obligatoire, sans préjudice de celui de l'immeuble, obligatoire également. Dans quelques années, les compteurs coûteront aux contribuables de Paris 3 à 4 millions par an, en même temps qu'ils restreindront l'usage de l'eau devenue une marchandise d'une manipulation pécuniairement fort dangereuse.

Si on ne veut pas atteindre, ailleurs qu'à Paris, à un pareil résultat, il faut résolument chercher un moyen de distribution de l'eau tel qu'il ne double pas, ne triple pas son prix normal. L'eau potable doit être tout d'abord à la disposition du public, comme les voies publiques, l'impôt municipal doit en couvrir le coût de captage et de transport dans les rues (1).

Peut on parvenir ensuite à la solution du problème suivant :

Livrer l'eau à discrétion, absolument sans limitation de quantité, moyennant une simple taxe d'usage à domicile, et de façon cependant qu'aucun gaspillage ne soit à craindre ?

M. Bergès dit qu'il a la conviction que cela est possible et même facile.

Les appareils qu'on peut appeler *limitateurs automatiques de débit* résolvent ce problème. Il y a au moins une quarantaine d'années qu'on a proposé de les utiliser ; les uns les ont appelés *robinets ou fontaines intermittentes*, *robinets à débit limité ou mesuré*, *fontaines à écoulement maximum déterminé*, etc., d'autres, *robinets incalables*, *robinets à période*, etc.

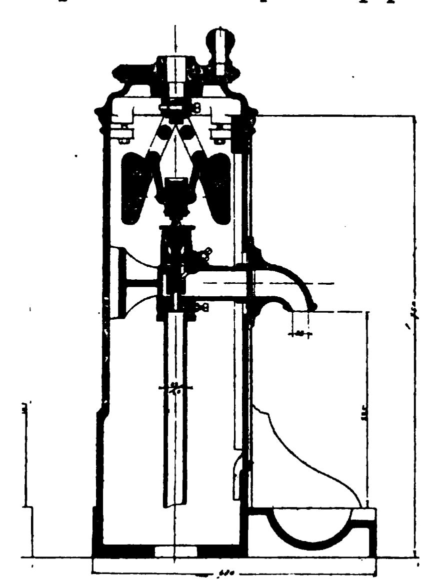
Pour bien établir du premier coup que la limitation automatique est possible avec une grande simplicité de moyens et une absolue certitude, le conférencier décrit la borne-fontaine Bayard.

Elle se compose uniquement d'un régulateur à boules surmontant le clapet, la tige axiale dont la rotation entraine celle des boules, est munie d'un petit bras de levier et d'un bouton de manivelle. Dès qu'on tourne on a de l'eau, dès qu'on cesse de tourner on n'en a plus. Les boules arrêtées, même brusquement, retombent doucement, en sorte que la fermeture du clapet s'effectue sans coup de bélier. La tige qui porte ce clapet peut s'étendre au delà du parallélogramme à la profondeur qu'on

(1) C'est ce qui a lieu dans les villages et partout où il y a de nombreuses bornes-fontaines.

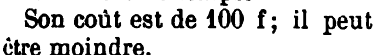
veut ; on peut donc placer le clapet sous terre et assurer ainsi l'incongélabilité.

Aucun organe ne frotte et ne s'use, aucun ne reçoit de choc et ne transmet d'effort. Une borne de ce système, placée dans un quartier populeux depuis 4 ans, n'a jamais perdu une goutte d'eau et n'a pas coûté un centime de réparation.



L'appareil peut se construire avec les dimensions d'un robinet et un artifice très simple permet de ramener les boules et le parallélogramme aux plus petites dimensions, ce qui le rend applicable à tous les anciens coffres existants. C'est un limitateur automatique parfait : il est aux autres limitateurs donnant des volumes d'eau déterminés, entre le moment de l'ouverture et celui de la fermeture, ce que sont les intérêts instantanés aux intérêts décomptés par jours et par périodes déterminées de temps.

Son coût est de 100 f ; il peut être moindre.



Son inconvénient au point de vue de la personne qui en fait usage, est d'immobiliser une main. Mais il n'en a pas d'autre. Pouvant être réglé pour un débit unitaire quelconque, il peut être utilisé dans les rues, dans les cours charretières, les écuries, les jardins, les paliers des maisons ouvrières, etc. On peut l'abandonner en toute tranquillité au public ou aux habitants quelconques, soigneux ou non, gaspilleurs ou non. Ceux qui auront besoin de beaucoup d'eau se donneront la peine de la puiser et en auront à discrétion.

La preuve promise est faite, le problème de l'eau absolument libre, sans aucun danger de gaspillage, sans aucun faux frais de distribution, est complètement soluble ; il est résolu par la borne Bayard. Ce n'est que pour les rues, dira-t-on, soit, mais le reste n'est qu'une question de perfectionnements, et ce n'est pas en France qu'on peut douter de la rapide et bonne venue de toutes les améliorations et transformations que réclamerait la pratique.

« L'examen de cette borne, à un point de vue qu'on pourrait appeler philosophique, conduit à une définition de nature à englober tous les limitateurs automatiques quels que soient leurs principes de fonctionnement. *Ils ramènent le puisage sur les conduites en pression, au puisage dans un puits. Comme si l'eau était dans un puits, en effet, il faut pomper pour en avoir, il faut demeurer en permanence auprès de la pompe pour la faire mouvoir.*

Mais il n'y a pas que le principe du régulateur à boules à la disposition des inventeurs. On a imaginé et en partie construit un assez grand

nombre de limitateurs ; malheureusement les inventeurs n'ont pas assez hésité devant les dispositions immobilisant une main; on a surtout répandu celles-là et, comme elles entraînent une vexation évidente, une gêne grave pour les ménagères; comme elles rendent impossible le lavage direct des mains dans le jet, elles sont devenues impopulaires. Il y a là un courant fâcheux à remonter, mais qui ne doit pas effrayer outre mesure devant l'immense bienfait qui sortirait, grâce à la diffusion des limitateurs devenus tout à fait pratiques, de l'eau libre sur tous les éviers.

Le plus ancien limitateur d'eau publique paraît être celui de la maison anglaise Guest et Chrimes, de Rotherham, qui le construisit sous forme de borne fontaine vers 1867. Quelques-uns de ceux-là existent encore, notamment au Creusot. Ch. Dalmas, constructeur marseillais, appliqua le même principe (deux bassins superposés à soupapes contrariées) aux bassins de chasse pour cabinets d'aisance, idée des plus heureuses qui mérite de ne pas être perdue de vue. Puis sont venues, comme bornes également :

Le modèle Groc, de la Rochelle (1872);

Les modèles L. Giraud, de Marseille (1890) ;

Le modèle Ham-Baker et C°, de Londres, remontant à une dizaine d'années ;

Le modèle Bayard, de Lyon (1901) ; — le seul, avec celui de Guest Chrimes. qui ne puisse jamais perdre.

Du côté des robinets pour les cuisines, il faut sans doute faire remonter le premier à Hippolyte Chameroy, dont le brevet est de 1871. On trouve ensuite un type allemand qui serait parfait s'il ne comportait pas un organe de distribution à noix et boisseau, et qui date de vingt-cinq ans. En 1883, Hippolyte Chameroy revint à la charge et proposa le modèle peu heureux que décrit Debauve dans son gros ouvrage sur les distributions d'eau. Peu après apparaissent les types à air comprimé de Margossoff-Bey, Havard, Andréoni, Chadapaux, Bayard, Jeton ; puis les types sans intermédiaire de l'air de Bine, Vuillod, Andriveau, etc. Mais c'est depuis cinq ou six ans qu'un effort d'invention s'est manifesté.

L'importante maison Roger, Müller et C° a mis au point un modèle qui contient un dispositif de sécurité remarquable.

Alexandre Bine a tiré de son modèle tout ce qu'il peut donner et a fait beaucoup pour faire connaître la question.

Charles Douënne, de Lyon, a particulièrement bien réussi et son modèle, tout en n'étant pas modérable — on reviendra plus loin sur ce point — est incontestablement pratique.

Sallé, Blein et Berlie, de Lyon, ont présenté un type qui contient peut-être la vérité de l'avenir.

Bayle, mécanicien de la Marine, à Toulon, a fait connaître déjà plusieurs modèles et ne cesse de les perfectionner.

Bayard, l'auteur de la borne susmentionnée, en a produit un aussi.

La plupart des agencements immobilisent une main ; quelques-uns seulement, tel celui de Douënne, n'ont pas cet inconvénient. Ils se ferment tous au bout d'un temps théoriquement réglable, d'où résulte un débit donné. En pratique, ce réglage est inégal et plus ou moins facile

à réaliser. Au fond, c'est peu important si les écarts ne sont pas considérables.

Tous sont rigoureusement étanches, ils ne peuvent pas fuir.

Des robinets Douënne, en service depuis trois ans dans des usines, pour les prises d'eau potable des ouvriers, n'ont jamais manqué de s'arrêter et les variations de débit n'ont pas dépassé 3 à 4 litres sur un réglage de 5 à 6 litres par minute. Avec de l'eau de Seine, les variations ont été plus fortes, mais jamais on n'a pu constater l'échec de la fermeture automatique. Ce sont là des résultats encourageants. M. Bergès montre au moyen d'une projection des courbes d'essai de deux robinets Douënne, par le Conservatoire des Arts et Métiers.

Malgré tout, cependant, M. Douënne, non plus que les autres auteurs cités, n'a complètement résolu le problème de la limitation automatique dans l'application à la prise d'eau d'une cuisine ou d'un lavabo. Il est important, en effet, de permettre l'accroissement de la durée du jet, en proportion au besoin d'une réduction correspondante de son intensité, de façon à faciliter le lavage des mains, le lavage et le rinçage des petits objets, etc.

MM. de Metz et J. Lyonnet ont les premiers abordé le problème dans toute sa généralité ; M. de Metz l'aurait même résolu à la perfection, si l'appareil qu'il a établi n'était un robinet à noix et boisseau.

Limité par le temps, M. Bergès regrette de ne pouvoir faire une sorte de parallèle entre les dispositions d'ouverture et de fermeture des orifices sur des conduites en pression ; il en serait résulté un moyen de classer et d'apprécier les limitateurs automatiques déjà connus.

Il signale également, en vue de ce classement, qu'une analyse comparative des divers modèles permet de saisir leur filiation et de prévoir leurs défectuosités, les unes ayant un caractère passager et laissant exister l'espérance de perfectionnement ; d'autres, d'une nature tout à fait fâcheuse, signalant des voies dans lesquelles il ne paraît pas avantageux de persister. Le but poursuivi ici est surtout d'appeler l'attention de toutes les compétences sur cette question de la limitation automatique des débits, si féconde en heureuses conséquences si on envisage sa solution définitive. On ne verrait plus l'accessoire dans les distributions doubler et tripler le prix du principal et paralyser la consommation de l'eau au détriment de la propreté des personnes et des choses dans les familles.

De quelque côté qu'on se tourne, l'adoption des limitateurs automatiques de débit serait par excellence une aide pour le travail, une amélioration des conditions de la vie, souvent si précaires dans les ménages pauvres ; ce serait un moyen idéal de la distribution de l'eau dans les agglomérations au point de vue économique, fiscal et hygiénique.

La borne Bayard est une solution complète, merveille de simplicité et de sécurité contre les fuites, pour les orifices publics des rues et les orifices privés d'un caractère banal. Il suffit d'un dernier perfectionnement, sans aucun doute, pour pouvoir se reposer, avec la même confiance qu'elle justifie, sur des limitateurs de ménage. Puisse-t-il, pour le bien public, ne pas se faire attendre.

M. F. Brocq pense que la question, telle que l'a posée M. Bergès, serait plutôt du ressort d'une Société d'études d'économie politique et sociale. On peut toutefois signaler que le moyen de ne pas faire payer le compteur au locataire pauvre, la Ville de Paris l'a trouvé en faisant payer le compteur au propriétaire.

Pour ce qui concerne les robinets intermittents, M. Brocq dit qu'ils peuvent avoir une action sur les gaspillages voulus, mais ce gaspillage ne constitue qu'une partie des pertes et lorsqu'on n'est pas intéressé à réparer les fuites, elles persistent, deviennent importantes surtout par leur durée. Les organes des robinets intermittents, plus délicats que ceux des robinets ordinaires, peuvent, par suite, donner lieu à plus de fuites. Or, le compteur paraît être jusqu'à ce jour le seul appareil qui permette une surveillance à ce point de vue.

M. Brocq indique enfin l'article publié en août dernier par M. Lidy, Ingénieur en chef de la Ville de Bordeaux, dans la *Technique sanitaire*, pour ceux qui désireraient des renseignements très complets sur la question.

M. Kern partage l'opinion de M. Brocq ; il regrette que la question des compteurs n'ait pas été présentée d'une manière plus étendue. Il serait utile de montrer comment la chose a eu son origine, comment elle a fait des progrès et, enfin, a donné naissance à une industrie importante.

Mais, quoiqu'on ait dépensé des centaines de millions à Paris pour l'alimentation d'eau, celle-ci ne répond jamais aux besoins de la population, à cause du gaspillage que le compteur seul est susceptible de réfréner, et qui serait complètement arrêté si chaque ménage était pourvu d'un compteur comme cela a lieu pour le gaz. Il faut chercher à simplifier, à rendre les choses plus économiques, parce que tout le monde y est également intéressé.

M. Kern regrette que M. Bergès se soit contenté de décrire divers systèmes de robinets en opposition avec les compteurs.

M. le Président remercie M. Bergès de son intéressant exposé d'une thèse généreuse, mais quelque peu hardie et dont la généralisation ne saurait être admise comme évidente.

La suppression des compteurs d'eau et la pratique du robinet libre ou tout au plus des limitateurs de débit ne peuvent être examinés qu'au cours d'études techniques et économiques approfondies, ainsi qu'il résulte des observations de MM. Brocq et Kern en faveur de la thèse inverse.

M. G. Trélat a la parole pour sa communication sur *Le Génie civil et la Beauté publique.*

M. Gaston Trélat rappelle le rôle du Génie civil dans le courant du siècle dernier.

« Comme nouveau *matériau*, le fer permit de réaliser une économie » et une rapidité particulièrement appréciables dans les constructions.

» La laideur et l'aspect hétérogènes des organes dus à l'assemblage » d'éléments métalliques s'opposèrent à l'unité des monuments de

» pierre dans le passé. Et ce passé se confondait avec l'ancien régime,
» avant la Révolution. A cette époque, en effet, la profession d'Ingénieur
» comprenait des hommes tels qu'Emiland Gauthey, dont tous les tra-
» vaux étaient subordonnés à des vues esthétiques, comme M. l'Ins-
» pecteur général de Dartein l'a montré dans les *Annales des Ponts et*
» *Chaussées*. La nécessité le voulait ainsi, pour répondre aux aspirations
» des personnalités, sur lesquelles reposait la société d'alors.

» Plus tard, au siècle qui vient de finir, pour répondre rapidement
» aux besoins multiples qui naissaient de toute part, il fallut aller au
» plus pressé et s'occuper, de prime-abord, d'exigences matérielles et
» immédiates. Ce fut précisément le rôle du Génie civil, comme ce fut
» le caractère de son œuvre.

» Enfin, contrairement aux premières applications, les organes mé-
» talliques ont pris de l'unité dans les constructions, aboutissant à
» l'homogénéité dont de Dion fut l'initiateur avec sa ferme-poutre. Et
» les solutions, qui s'ensuivirent montrent un caractère de franchise
» s'accordant avec les exigences plastiques.

» De nos jours, la société contemporaine en vient à avoir les mêmes
» besoins de beauté que la société restreinte d'autrefois. Et, comme tout
» le monde sans exception participe à la société nouvelle, l'exigence
» s'étendrait à tout objet matériel.

» On voit ainsi l'action qui est réservée au Génie civil.

» C'est du reste au Congrès d'*Art public*, tenu à Liège l'an passé, que
» M. Gaston Trélat eut la pensée d'une communication à des Ingénieurs
» français, après avoir constaté que l'assistance, réunie dans la ville
» belge, comprenait des Ingénieurs venus d'autres pays.

» La communication a pris une ampleur philosophique telle que le
» sujet pouvait l'autoriser aux yeux de l'auteur. »

Il est donné lecture, en première présentation, des demandes d'admission de : MM. A. Attal, A.-V. Bodin, A.-L. Caillet, L.-J. Chapelle, G. de Contenson, A. Crozet, A. Dastarac, E. Deville, P. Girod, A.-L. Helwig, E. de Loisy, A. Pinel Peschardière, H. Sire de Vilar, J. Verdier, comme Membres Sociétaires Titulaires, et de :

MM. J. Péridier, L. Sol, M. L. Stampa, comme Membres Sociétaires Assistants.

MM. L. Canart, P. Jardillier sont admis comme Membres Sociétaires Titulaires;

M. Strohl comme Membre Sociétaire Assistant;

MM. L. Bocquet et G. Loiselle comme Membres Associés.

La séance est levée à onze heures cinq minutes.

L'un des Secrétaires techniques :

H. Dufresne.

COMPTE RENDU

DU

CINQUANTENAIRE DE L'ASSOCIATION DES INGÉNIEURS ALLEMANDS

AVEC NOTE SUR LES

CONSTRUCTIONS CIVILES ET LES INDUSTRIES DIVERSES DE BERLIN

EN 1906 (1)

PAR

M. A. GOUVY

I

COMPTE RENDU DU CINQUANTENAIRE

DE L'ASSOCIATION DES INGÉNIEURS ALLEMANDS

Ayant eu l'honneur d'être délégué par notre Société aux fêtes du cinquantenaire de l'Association des Ingénieurs allemands, qui ont eu lieu à Berlin, du 10 au 14 juin 1906, je crois de mon devoir de rendre compte à nos collègues de la réception qui nous a été faite, tout en profitant de cette occasion pour leur donner un aperçu sommaire de l'état actuel de la ville de Berlin, au point de vue de la science de l'Ingénieur.

Des détails intéressants relatifs à l'Association des Ingénieurs allemands, qui comprend aujourd'hui plus de 20000 membres, se trouvent déjà consignés au Bulletin de notre Société (Chronique n° 317. — Bulletin de mai 1906.). Ces détails montrent de la façon la plus évidente et la plus indiscutable l'intérêt considérable que peuvent avoir tous les Ingénieurs, de quelque spécialité soient-ils, à faire partie de groupements du genre de celui de notre Société des Ingénieurs civils de France, une Société puissante étant mise à même de contribuer d'une manière efficace au développement de l'industrie et des sciences annexes dans l'intérêt général du pays, et de donner à l'Ingénieur lui-même la situation morale et l'influence qui lui reviennent

(1) Voir Planche 126.

presque de droit de par le but même qu'il poursuit. Nous nous contenterons de résumer ici les diverses réceptions et visites auxquelles nous avons été invité à assister et auxquelles ont participé plus de 1 200 personnes.

Le 10 juin a eu lieu une soirée de réception au jardin d'hiver, avec prologue en vers et tableaux vivants.

Le 11 juin, une réunion solennelle dans la salle du Reichstag (Chambre des députés) nous permettait d'entendre les discours de bienvenue des autorités, ainsi que les nombreuses allocutions des délégués de diverses Sociétés techniques et scientifiques d'Allemagne et de l'étranger; la Société des Ingénieurs civils de France a été distinguée tout spécialement, en ce sens que son délégué a obtenu le premier la parole parmi les délégués étrangers (1), l'Association des Ingénieurs allemands s'étant souvenue de la réception qui avait été faite en 1900 à ceux de ses membres qui ont visité l'Exposition universelle.

(1) Nous reproduisons en traduction l'allocution prononcée en allemand par M. Gouvy.

« Messieurs,

» C'est en qualité de délégué de la Société des Ingénieurs civils de France que j'ai » l'honneur de saluer, aujourd'hui, la Société des Ingénieurs Allemands pour son cin- » quantième anniversaire, au lieu et place de son Président, M. A. Hillairet, malheureu- » sement empêché; connaissant suffisamment votre langue, je me permets de vous expri- » mer, en allemand, les cordiaux remerciements de notre Société française pour l'aimable » invitation dont nous avons été l'objet.

» Quoique la différence des langues constitue une certaine difficulté dans les relations » réciproques des Ingénieurs des deux pays, il existe cependant toujours un haut degré » de sympathie entre tous ceux qui sont appelés à collaborer au but commun de nos » travaux, aux succès techniques de la culture humaine; c'est cette sympathie que je » crois devoir exprimer à l'occasion de ces fêtes.

» Notre Société a eu l'honneur, pour la dernière fois en 1900, de recevoir les délégués » de la Société des Ingénieurs allemands à Paris, et a pu leur faire visiter alors l'Expo- » sition universelle à laquelle l'industrie allemande avait pris, du reste, une part impor- » tante. Nous n'avons pas à visiter aujourd'hui d'Exposition; par contre, vous nous » montrez les progrès pratiques réalisés par l'industrie allemande à Berlin et aux envi- » rons; nous sommes obligés de nous arrêter devant ces manifestations avec une grande » estime.

» Votre Société, avec ses vingt mille membres, a participé, au plus haut degré, à ce » rapide développement de l'art technique en Allemagne. N'a-t-elle pas contribué à » augmenter la considération due à l'art de l'ingénieur, n'a-t-elle pas relevé et consolidé » moralement et matériellement la situation des Ingénieurs eux-mêmes ?

» Tout cela a été atteint grâce à des organisations bien comprises, créées par elle et » sans lesquelles le succès n'est plus guère possible de nos jours, et aussi par l'institu- » tion de Comités pour l'étude et les travaux de recherches et essais dans toutes les » branches de l'art de l'Ingénieur.

» L'union fait la force, Messieurs, vous le démontrez une fois de plus d'une manière » éclatante.

» Nous ne pouvons qu'admirer l'action utile de la Société des Ingénieurs Allemands, » et c'est pourquoi je vous apporte avec une grande satisfaction les vœux cordiaux de » mes Collègues en France pour la continuation de votre puissant développement, dans » l'intérêt général de la Science de l'Ingénieur et dans celui de ses meilleurs soutiens » que sont les Ingénieurs. »

Cette séance a été terminée par une conférence des plus intéressantes de M. W. v. Oechelhaeuser, sur « *le travail technique autrefois et aujourd'hui* » dont le succès a été considérable, mais qui supporterait difficilement un résumé.

Deux autres séances, réservées à des questions techniques spéciales, ont été tenues les 12 et 13 juin, dans la matinée, à l'École de Charlottenburg. Les communications présentées dans ces deux séances ont porté sur les questions suivantes, dont l'intérêt d'actualité n'échappera à aucun Ingénieur, savoir :

1° *Développement et importance actuelle de la turbine à vapeur*, par le professeur A. Riedler.

A la discussion, qui a suivi cette conférence, a pris part entre autres M. Rateau, dont la nomination au titre de « docteur-Ingénieur » avec diplôme délivré par l'Académie de Charlottenburg, a soulevé d'unanimes applaudissements.

2° *Méthodes techniques pour le traitement et l'emploi de l'azote de l'atmosphère*, par le professeur Dr Muthmann, de Munich.

M. Muthmann s'est étendu sur les diverses méthodes de fabrication d'engrais artificiels, basées sur l'azote de l'air, en prévision de l'épuisement des salpêtres du Chili; il signale à cet effet l'existence, dans certaines régions de l'Allemagne, de forces hydrauliques considérables non utilisées.

3° *Production et utilisation de la force motrice dans les mines et les usines*, par le Dr Hoffmann, de Bochum.

Cette dernière communication, dans les détails de laquelle nous regrettons de ne pouvoir entrer ici, permet surtout de se rendre compte de l'extension rapide et justifiée de l'application de l'électricité à tous les appareils mécaniques, et notamment de l'emploi des gaz épurés des fours à coke et des hauts fourneaux dans les moteurs à gaz de types divers en usage aujourd'hui. M. Hoffman signale aussi la puissante organisation, pour le transport de la force électrique, créée récemment en Westphalie, avec trois stations centrales, desservant un réseau de câbles de mille kilomètres environ et fournissant le courant à un prix tel que de nombreux établissements, qui ne disposent pas de hauts fourneaux, ont renoncé à produire eux-mêmes leur force motrice et préfèrent l'acheter à cette Société.

Nous ne mentionnerons que pour mémoire le banquet officiel du 11 juin, dans la halle splendidement décorée de l'Exposition

régionale, près de la gare de Lehrte, les représentations de gala du 12 juin à l'Opéra et au Schauspielhaus, la fête de nuit du 13 juin sur les terrasses et le lac de Halensee, et enfin les excursions variées du 14 juin, par groupes de 100 à 200 personnes, aux sites les plus jolis des environs de Berlin, soit sur les lacs de la Havel, soit sur la Spree.

Toutes ces fêtes se sont trouvées complétées de la façon la plus utile par des visites de grands établissements industriels, à Berlin et aux environs, d'usines à gaz, de stations centrales électriques, d'usines élévatoires, etc.

Nous allons essayer d'analyser, dans ce qui suit, aussi succinctement que possible, les installations que nous avons pu examiner et de donner un aperçu des travaux publics de Berlin, nous basant notamment sur une publication éditée par l'Association des Ingénieurs allemands à l'occasion de son cinquantenaire et dont un exemplaire a été remis à la bibliothèque de notre Société, où nos collègues pourront la consulter.

II

CONSTRUCTIONS CIVILES ET INDUSTRIES DIVERSES DE BERLIN EN 1906.

I. — **Moyens de transport et de communications.**

Le développement de la ville de Berlin est relativement récent; la population ne s'élevait, en effet, en 1860, qu'à 500 000 âmes; elle était, en 1900, de 1 700 000 et atteint aujourd'hui, avec les faubourgs, le chiffre de 3 millions, parmi lesquels Charlottenburg seul figure avec 237 000 habitants.

Canaux.

En même temps que la population augmentait, les moyens de transport divers ont dû être développés en conséquence; c'est ainsi que tout d'abord la Havel et la Spree ont été canalisées et reliées à l'Elbe vers l'ouest et à l'Oder vers l'est; en dernier lieu est venu se joindre à ce réseau de canaux le canal de Teltow, réunissant directement l'Oder à l'Elbe en contournant la ville au sud.

Sans entrer dans les détails, il nous suffira d'indiquer quelques chiffres relatifs aux tonnages transportés par eau à Berlin, en 1904, savoir :

Marchandises en transit	1 294 029	tonnes
Arrivages.	6 651 748	—
Expéditions.	663 215	—

Ces quantités considérables de marchandises de toute sorte, comprenant non seulement les matières alimentaires les plus diverses, mais aussi des charbons, des bois, des matériaux de construction, etc., ont nécessité, bien entendu, l'installation de quais, de ports et d'appareils mécaniques pour le transbordement, que nous avons eu l'occasion de voir en fonctionnement aux divers points de la Spree visités par nous lors du cinquantenaire.

Nous croyons devoir nous arrêter ici au *canal de Teltow*, en tant que ce canal est la construction la plus récente du réseau de la canalisation berlinoise et que la traction y est organisée mécaniquement par locomotives électriques.

Le canal vient à peine d'être livré à la circulation ; il a une longueur totale de 37 km et réduit de 16 km le trajet entre l'Oder et l'Elbe par rapport au passage par Berlin. Son tracé a nécessité la construction de 9 ponts de chemins de fer et de 46 ponts-routes. Le halage est organisé avec locomotives électriques et des essais faits ont permis de conclure pour un tonnage annuel de 1 500 000 t, à un prix de revient de la tonne kilométrique de 1 centime ; pour ce même tonnage, le prix de revient du halage par chevaux ou par remorqueurs à vapeur peut être évalué à 0,4 — 0,5 centimes par tonne kilométrique ; malgré cette différence, l'administration a adopté le halage mécanique, tant en prévision d'une augmentation importante du tonnage à transporter dans l'avenir qu'en raison de l'entretien réduit dû au mode de traction nouveau.

Le chemin de halage du canal a une largeur de 2 m et porte une voie étroite de 1 m en rails Vignole de 20 kg par mètre courant, avec traverses métalliques.

Les locomotives électriques *(fig. 1)* sont construites pour traîner des bateaux de 600 t à une vitesse de 4 km à l'heure ; elles sont munies d'une disposition spéciale produisant le déclenchement du câble tracteur lorsque la force de traction dépasse 1 200 kg ; les essieux du truc porteur à l'avant sont actionnés par deux moteurs électriques de 8 chx chacun.

Le courant continu de 500 à 600 volts est produit par une station électrique comprenant deux turbines à vapeur Zoelly de 1 000 chx chacune et une machine à vapeur à pistons de 300 chx comme réserve.

Voies ferrées.

En ce qui concerne les chemins de fer, sans tenir compte des grandes lignes aboutissant aux gares spéciales de Berlin, on distingue trois systèmes distincts, savoir :

a) Le chemin de fer de Ceinture proprement dit (Ringbahn), qui entoure la ville d'une sorte d'ellipse et qui a une longueur de 39 km, installé entièrement à quatre voies.

b) Le Métropolitain (Stadtbahn), qui traverse la ville de l'est à l'ouest et qui réunit entre elles les grandes gares, tout en desser-

vant les divers points les plus importants du centre de la ville; le Métropolitain a une longueur de 12,150 km et comporte de même quatre voies; il ne sert qu'au service des voyageurs, sauf pendant la nuit.

La circulation énorme de ces deux lignes est caractérisée par le nombre de trains circulant par jour dans les deux sens :

Chemin de fer de Ceinture du nord .	224 à 241	trains par jour.
— — section sud.	240	—
Métropolitain proprement dit . . .	888	—

c) Le Chemin de fer électrique (Hoch et Untergrundbahn), ne date que de 1902 et comporte 10,5 km ; il n'est pas encore complètement achevé, mais rend déjà des services importants (*fig.* 2).

TRANSPORTS EN VILLE.

Pour les transports à l'intérieur de la ville, on dispose, outre les fiacres et les omnibus ordinaires, d'une série nouvelle de lignes d'omnibus automobiles, dont la vitesse est limitée à 200-250 m par minute. Quant aux tramways électriques, munis presque tous du système à trolley, dont les inconvénients nous semblent largement compensés par les avantages pratiques qu'ils présentent pour l'exploitation, nous relevons pour 1904 un mouvement de 394 millions de voyageurs.

II. — **Alimentation en eau et canalisation.**

La consommation d'eau de la ville de Berlin atteignait, en 1888 : 146 400 m³ par jour, répondant ainsi à une population de 1 464 000 habitants, en admettant une consommation de 100 litres par tête et par jour. Cette eau était fournie en 1890 par les usines hydrauliques de Tegel et par une ancienne installation à Stralau. En vue de l'accroissement de la population au chiffre de 2 1/2 millions d'habitants, dépassé déjà aujourd'hui, on a construit alors l'usine élévatoire du Müggelsee, susceptible de débiter 2 m³ par seconde en eau puisée au lac même, ce lac faisant partie du cours de la Spree, en amont de Berlin.

Après des études très longues et laborieuses, on est arrivé cependant à supprimer l'emploi de l'eau du lac provenant de la rivière et à la remplacer par de l'eau filtrée naturellement dans le terrain sablonneux, et coulant pour ainsi dire parallèlement

au cours de la Spree ; c'est ainsi que la station hydraulique du Muggelsee est alimentée aujourd'hui par 350 puits disposés en trois lignes droites et recevant l'eau du sous-sol à raison de 7 litres par seconde pour chaque puits.

La teneur moyenne en fer de 1,25 milligramme par litre de ces eaux a nécessité l'installation de claies oxydantes et de filtres spéciaux, dont les résultats semblent avoir été excellents en ce sens que l'eau sortant des filtres ne contient plus que des traces de fer.

La longueur totale des conduites d'eau de Berlin alimentées par les usines de Tegel et de Muggelsee comportait, en mars 1904, près de 1 100 km.

Elles ne sont du reste pas les seules fournissant l'eau à la ville de Berlin ; d'autres communes suburbaines, et notamment Charlottenburg, possèdent des usines hydrauliques spéciales puisant l'eau soit dans la Havel même, soit dans des puits ordinaires ; mais le cadre de cette note ne nous permet pas d'entrer ici dans ces détails, pour lesquels nous devons renvoyer à la publication déjà citée de l'Association des Ingénieurs allemands.

L'évacuation des eaux de Berlin est basée sur l'*épandage*, les eaux de pluie et les eaux ménagères mélangées étant reprises par un système de douze stations hydrauliques placées aux divers centres de réseaux d'égouts rayonnants.

La quantité de liquide à enlever a été calculée sur base de 1,545 litre-seconde par hectare en eaux ménagères et 21,185 litres-seconde par hectare en eau de pluie ; les volumes moyens mesurés, en 1904, répondent à 246 925 m³ par jour débités en totalité par les douze usines hydrauliques susmentionnées.

Les frais d'exploitation totaux annuels correspondants se sont élevés, en 1904, à 1 223 400 m.

Quant à la surface des terrains d'épandage, elle comporte 15 724 ha, distribués en dix sections différentes, et l'on paraît avoir toute satisfaction par cette solution spéciale, le « tout à l'égout » présentant pour Berlin des impossibilités faciles à concevoir en raison de la faible pente et du débit réduit des rivières qui traversent la capitale.

Parmi les diverses usines destinées à l'évacuation des eaux d'épandage, nous nous contenterons de mentionner ici celle de la Holzmarktstrasse (n° V), où l'on a installé, en 1905, deux forts moteurs au gaz d'éclairage, système Koerting, à deux temps, servant de réserve en cas de nécessité et présentant l'avantage

d'une mise en marche immédiate en cas d'orages. Les pompes à vapeur de cette usine fonctionnent normalement à 60 tours et peuvent marcher à 80 tours; la pression normale au refoulement est de 25 à 45 m pour une hauteur d'aspiration de 6 m; le débit des pompes à vapeur peut atteindre 900 l par seconde; celui des pompes avec moteurs à gaz : 600 l par seconde.

Nous croyons devoir signaler à cette occasion ce fait qu'une grande partie des conduites en fonte a été remplacée, en ces dernières années, par des tuyauteries en tôle soudée au gaz à l'eau, de 1,2 m à 1 m de diamètre, et qu'il y a actuellement 10 km de tuyauterie installés d'après ce système; des essais préalables, ayant duré environ trente années, paraissent avoir donné des résultats très satisfaisants qui ont justifié le remplacement de la fonte par le fer; cette question nous semble des plus intéressantes pour les chaudronneries françaises, d'autant plus que les exemples ne manquent pas en Allemagne, où il existe plusieurs établissements des plus importants fabriquant, comme spécialité, la tuyauterie de grand diamètre en fer pour conduites d'eau et de gaz de ville.

III. — **Usines à gaz de Berlin.**

La ville de Berlin est alimentée en gaz par diverses usines, dont quelques-unes, toutes récentes, sont munies de tous les perfectionnements, aussi bien au point de vue de la manutention de la houille et du coke *(fig. 3)* qu'au point de vue de l'exploitation même et de la récupération des sous-produits.

Les premières usines à gaz ont été construites et exploitées par la « *Imperial Continental Gas Association* », qui possède à Berlin cinq établissements distincts, dont le plus intéressant est celui de *Mariendorf*. L'usine de Mariendorf, alimentée par fer et par eau, consomme environ 800 000 t de houille par an. Le déchargement des bateaux a lieu au moyen de six grues électriques doubles, pouvant déplacer ensemble 600 t par heure et les emmagasiner sur le stock.

La houille du stock est reprise par des ponts-roulants de 57 m de portée et amenée aux cornues par des porteurs aériens *(fig. 4)*.

Cette usine comprend deux gazomètres, dont l'un, de 64 m de diamètre, peut contenir 108 000 m^3 de gaz, et l'autre, de 74 m de diamètre, 150 000 m^3.

La *ville de Berlin* possède, d'autre part, *six* usines à gaz formant un groupement distinct et dont la production s'est élevée de 150 millions de mètres cubes en 1900, à plus de 200 millions en 1905. Parmi ces établissements, nous mentionnerons l'usine n° VI, à Tegel, dont la construction, commencée en 1902, n'a été terminée qu'en 1905. Le stock de houille normal pour cette usine a été prévu à raison de 300 000 t et les installations pour l'emmagasinage et le transport aux cornues ont été disposées en conséquence; les deux tiers de la houille consommée arrivent par voie d'eau, le reste par chemin de fer *(fig. 5)*.

Cette usine comprendra plus tard trois gazomètres de 75,2 m de diamètre, pouvant contenir chacun 140 000 m³ de gaz; un seul de ces gazomètres est achevé.

Nous croyons devoir mentionner aussi les *Usines à gaz de Charlottenburg*, dont la plus récente, construite en 1891, est installée pour une production de 250 000 m³ de gaz d'éclairage et 105 000 m³ de gaz à l'eau, soit pour un total de 355 000 m³ par vingt-quatre heures. Toute la houille arrive ici par le canal; les cornues pour gaz d'éclairage sont disposées de deux façons différentes, savoir :

Huit batteries de 5 cornues horizontales de 3,50 m de longueur.

Huit batteries de 8 cornues inclinées de 5 m de longueur.

Cette usine est munie entre autres d'un réservoir à cokes surélevé, pouvant contenir environ 160 000 kg; le coke y est repris mécaniquement pour être chargé, soit en wagons, soit en bateaux.

Les deux usines à gaz de Charlottenburg desservent actuellement 225 000 habitants, consommant environ 36 millions de mètres cubes de gaz par an.

IV. — Stations centrales d'électricité.

Parmi les diverses centrales électriques de Berlin, c'est la station *Oberspree*, à Oberschoeneweide, qui présente le plus d'intérêt, aussi bien par suite de la disposition d'ensemble rationnelle avec le déchargement mécanique du charbon, que par suite de l'application en grand de la turbine à vapeur *(fig. 6 et 7)*.

Cette station, construite par la A. E. G. (Société Générale d'Électricité), est prévue pour 24 000 kilowatt-heures en courant

alternatif de 6 000 et de 10 000 volts. La vapeur est produite par 36 chaudières tubulaires de divers systèmes d'une surface de chauffe totale de 11 829 m², et alimente les machines motrices suivantes :

2 machines horizontales	à triple	expansion	de	750 ch	chacune.
4 —	—	—	—	2 700	—
2 — verticales	—	—		1 500	—

toutes ces machines provenant des ateliers de Goerlitz; viennent ensuite :

2 turbo-dynamos syst. Brown-Boveri de 5 000 kilowatts à 1 000 tours;
1 turbo-dynamo syst. A. E. G. de 3 000 kilowatts à 1 500 tours.
2 turbo-dynamos — — 1 000 — 3 000 —

On prévoit de plus l'installation prochaine de :

2 turbo-dynamos de 3 000 kilowatts chacune.
2 — 5 000 — —

La centrale de *Moabit (fig. 8)* dépendant de la Société électrique de Berlin est de même des plus importantes, mais plus ancienne que celle d'Oberspree, ayant été créée en 1884; elle comprend 27 chaudières à vapeur d'une surface de chauffe totale de 8247 m², alimentées partiellement par des appareils mécaniques; la vapeur surchauffée à 300 degrés avec pression de 14 kg est distribuée aux moteurs suivants :

4 machines à triple expansion système Sulzer actionnant des dynamos de 4000 kilowatts chacune;

1 machine à triple expansion et à 4 cylindres de 4 000 ch, provenant des ateliers de Nuremberg;

1 machine de même type et de même force de Goerlitz.

L'installation de trois turbo-dynamos, système A. E. G., de 3 000 kilowatts chacune, est prévue de même pour cette station, les essais d'Oberspree ayant donné toute satisfaction.

Il y a lieu de signaler encore la centrale de *Louisenstrasse*, appartenant comme la précédente à la Société électrique de Berlin, et pouvant fournir plus de 11 000 kilowatt-heures; les machines à vapeur de cette station sont du type Sulzer vertical de 1 000 kilowatts.

Mentionnons enfin la centrale de *Charlottenburg (fig. 9)* mise en marche en 1900, qui comprend 8 chaudières de 300 m² et

6 machines compound dont 3 tandems de 650 ch, 2 de même type de 1 650 ch et une de 2000 ch.

Ces machines actionnent suivant les cas, cinq dynamos à courant alternatif produisant en tout 4 630 kilowatts à 3 200 volts, et trois dynamos à courant continu produisant 1 500 kilowatts environ à 600 volts.

A côté de ces établissements publics, certaines *entreprises privées* ont cependant cru utile d'installer, pour leurs services intérieurs, des stations électriques de moindre importance; ces installations sont basées pour la plupart sur l'emploi de moteurs à gaz avec gazogènes alimentés à l'anthracite ou au coke. et trouvent place dans les sous-sols; nous mentionnerons parmi ces stations celles du *Théâtre Walhalla,* qui comporte 2 moteurs à gaz Otto-Deutz de 125 ch chacun, et les deux centrales des grands magasins *Wertheim*, où on a monté à côté de 7 machines à vapeur diverses, deux moteurs à gaz Koerting de 300 ch chacun avec leurs gazogènes.

Le prix de revient du kilowatt-heure avec les moteurs à gaz du Walhallatheater présente un certain intérêt, en ce sens qu'il a été établi sur base de la marche normale pendant une année; il se décompose comme suit :

0,802 kg d'anthracite à 3 marks pour 100 kg . . pfennigs	2,40
4,4 kg d'huile pour machine à 0,48 mark le kg.	0,21
Étoupes et divers	0,30
Main-d'œuvre	2,00
D'où prix de revient du kilowatt-heure. . . . . pfennigs	4,91

Certains établissements de moindre importance et désirant produire leur électricité indépendamment du réseau de la ville, quoique à un prix plus élevé que celui que l'on peut atteindre avec les moteurs à gaz, emploient de préférence le *moteur Diesel*, qui a trouvé ainsi à Berlin de nombreuses applications.

V. — Établissements industriels.

Parmi les établissements industriels que nous avons pu visiter, ce sont les importantes *fabriques de câbles électriques* qui ont surtout attiré notre attention.

Citons en premier lieu les ateliers de la *Société A. E. G.* situés à côté de la station électrique d'Oberspree; ils occupent 6 000

ouvriers et fabriquent non seulement les câbles les plus divers, depuis les fils téléphoniques jusqu'aux câbles sous-marins, mais préparent eux-mêmes les matières premières nécessaires; on y trouve, en effet, une importante fonderie de cuivre avec 52 fours à creusets, un laminoir à fil de cuivre, un laminoir à tôle de cuivre, un train à feuillards, etc.; l'usine à câble seule consomme environ 6 500 ch fournis par la centrale Oberspree.

Cette même Société dispose de plus, en divers points de la ville, d'ateliers spéciaux : pour la fabrication des lampes, notamment de lampes Nernst (usine créée en 1905 et occupant 1 700 ouvriers), pour la fabrication de tous appareillages électriques tels que distributeurs, compteurs, lampes à arc, etc. (6500 ouvriers), pour la construction de turbines à vapeur modifiées d'après les brevets Riedler et Curtis (ces ateliers situés Hüttenstrasse occupent 1 500 ouvriers et ont été installés en 1901), et enfin pour la construction des dynamos de toutes dimensions, d'électromoteurs, de locomotives électriques, etc.; ces derniers ateliers, situés Brunnenstrasse, disposent d'un terrain de 80 000 m² et occupent 7 500 ouvriers; la force motrice produite en partie par deux turbo-dynamos fournissant 3 000 ch, comporte en tout 6 000 ch.

Notons enfin une nouvelle spécialité de cette puissante Société, à savoir la construction d'automobiles et des moteurs correspondants.

Les usines *Siemens et Halske*, fusionnées aujourd'hui avec les ateliers Schuckert, de Nuremberg, possèdent de même des installations imposantes; nous citerons notamment l'usine Werner à Nonnendamm créée en 1904-1905, qui est caractérisée par le soin que l'on a apporté à l'éclairage des ateliers, en ce sens qu'à une surface de planchers de 60 000 m² correspond une surface de fenêtres de 12 000 m². On construit ici les appareils électriques les plus divers, dont la nomenclature nous entraînerait hors du cadre de cette note. La même Société possède encore au Nonnendamm une grande usine à câbles, avec séchoirs, presses à plomb, etc., ainsi que des ateliers pour la fabrication des dynamos à Charlottenburg.

Quant aux *ateliers de construction mécanique*, nous mentionnerons :

a) Les usines *A. Borsig*, à Tegel, construisant des chaudières, des locomotives, des machines à vapeur et des moteurs à gaz

(système Oechelhäuser à deux temps), des appareils hydrauliques divers et des pompes;

b) Les usines *L. Schwartzkopf*, connues de même par leurs locomotives; elles construisent aussi la chaudière et la machine à vapeur, et ont entrepris ensuite la fabrication de torpilles et autres appareils de guerre, puis celle des dynamos et enfin celle des écluses et des ponts tournants;

c) Les ateliers et fonderies *Ludwig Loewe* dont les machines-outils de précision sont bien connues;

d) Les ateliers *Nileswerke*, installés à Wilhelminenhof sur le modèle américain et construisant la grosse machine-outil (raboteuses, fraiseuses, tours, etc.).

Ce que nous avons observé de plus intéressant dans ces deux derniers établissements, c'est l'organisation méthodique du travail et le contrôle de la fabrication; des principes analogues sont appliqués de même dans les ateliers A. E. G. et Siemens-Schuckert, pour appareils électriques, mais il ne nous est pas possible de nous y arrêter ici.

Citons enfin pour mémoire, les établissements suivants visités par divers groupes lors du cinquantenaire, savoir :

Les ateliers Daimler pour construction d'automobiles;

La fabrique de linoleum de Rixdorf;

L'usine Pintsch de Fürstenwalde (gazogènes, appareils à gaz);

Les ateliers Mix et Genest (appareils de télégraphie et de téléphonie):

L'hôpital de Westend, etc.

VI. — Établissements scientifiques.

Nous devons une mention spéciale, quoique forcément très superficielle, à quelques établissements spéciaux en relation directe avec la science de l'Ingénieur, et qui démontrent les sacrifices consentis en Allemagne pour le développement de l'industrie basé, d'une part, sur l'éducation des futurs Ingénieurs et, d'autre part, sur les facilités accordées à l'industrie privée pour essais et améliorations pratiques de fabrication.

a) Nous signalerons tout d'abord l'*office des brevets* (Patentamt) qui occupe au centre de Berlin une surface de 23 600 m² dont 13180 m² couverts, le reste étant prévu pour agrandissements ultérieurs. C'est dans cet établissement que sont examinées et classées les demandes de brevets, les marques de fabrique, et

que sont imprimés et publiés tous les brevets accordés. Notons en passant qu'en 1905 on a traité dans les bureaux 221 000 dossiers les plus divers, et que les combles, reliés au rez-de-chaussée par monte-charges, contiennent environ 62 000 modèles de toutes grandeurs ; le Patentamt reçoit, en effet, annuellement plus de 7 000 modèles dont 4 000 ont trait à des brevets ;

b) Un *institut des essais physico-techniques* est situé à Charlottenburg et comprend un observatoire, un laboratoire d'optique et de photométrie, des laboratoires pour l'électricité et la chaleur, un bâtiment avec deux chaudières et une machine à vapeur de 35 ch, une salle pour essais de dynamos, d'accumulateurs électriques, un atelier mécanique avec appareils de précision et machines pour essais à la traction.

c) Un *institut d'essai des matériaux* à Gross-Lichterfelde, dont la tâche officielle peut être précisée comme suit :

Développer et perfectionner, dans l'intérêt public, les procédés, machines, instruments et appareils pour essais de matériaux ;

Essayer les matériaux et pièces de construction, soit dans l'intérêt général, soit pour des particuliers, moyennant paiement et délivrance de certificats ;

Expertises en cas de litiges relatifs à des matériaux de construction ;

Cours et manipulations pour les élèves des écoles techniques supérieures et élèves libres ;

Appuyer les recherches et études privées sur les essais de matériaux, en mettant les appareils à la disposition du public.

Pour répondre à ce programme, l'institut comprend une salle de machines avec chaudières, des dynamos, des pompes, des accumulateurs, une section spéciale pour essais de métaux, une autre pour les matériaux de construction proprement dits, une section pour essais de papiers, une autre enfin pour la métallographie (professeur Heyn), à laquelle vient se joindre une section pour travaux de chimie générale avec un laboratoire d'essai d'huiles.

d) Nous terminerons cette nomenclature déjà trop longue par quelques indications relatives à la grande *École technique supérieure de Charlottenburg*, dont l'organisation actuelle peut être considérée comme un modèle du genre, et pour laquelle aucun sacrifice n'a été négligé en vue de développer les installations

des divers laboratoires mis à la disposition des élèves et des professeurs. Nous signalerons notamment :

Le *laboratoire de mécanique* (professeur Josse), qui contient des machines à vapeur, des turbines à vapeur, un moteur Diesel, un moteur à acide sulfureux (voir *Bulletin de la Société des Ingénieurs civils de France*, janvier 1903), des moteurs à gaz, des pompes et des dynamos. La salle des machines mesure 81 m × 10 m avec une annexe de 25 m × 8,5 m, le tout desservi par un pont roulant de la force de 5 t; la vapeur nécessaire est produite par des chaudières de types divers de 520 m² de surface de chauffe totale ;

La *station d'essais de machines hydrauliques* qui utilise la chute d'un canal passant près de l'Ecole et fournissant environ 40 ch;

Le *laboratoire électrotechnique* où la force est produite par deux moteurs à gaz avec dynamos de 25 et de 100 ch et batterie d'accumulateurs;

Le *laboratoire de mécanique technologique* pour l'étude des propriétés des métaux employés à la construction des machines; dans ce laboratoire les élèves sont mis à même d'étudier pratiquement la fabrication de toutes les pièces au point de vue technique et économique, ces études étant basées sur une série de modèles à exécuter sur les machines-outils mises à leur disposition, le tout étant complété par un feu de forge, un four à creuset, et tous appareils pour essais de trempe.

Cet exposé des constructions civiles et des industries principales de Berlin, rédigé aussi succinctement que possible, peut cependant donner une idée générale des progrès accomplis dans l'art de l'Ingénieur en Allemagne et des efforts faits pour les poursuivre, avec l'appui efficace des autorités et du Gouvernement; il pourra servir aussi partiellement de guide aux Ingénieurs français qui auraient l'occasion de visiter la capitale de l'Allemagne, en tant qu'il appelle leur attention sur les points saillants méritant un examen plus détaillé suivant la spécialité de chacun.

Nous n'avons eu ici d'autre but que de donner un aperçu sommaire — ce qui peut servir d'excuse à la brièveté à laquelle nous avons été obligé de nous tenir — les sujets traités comportant évidemment un développement hors de proportion avec le cadre que nous avons dû nous tracer.

SUR L'INFLUENCE DE LA TEMPÉRATURE SUR LA FRAGILITÉ DES MÉTAUX

PAR

M. G. CHARPY

De nombreuses études ont été effectuées relativement à l'influence de la température sur les propriétés mécaniques des métaux. On en trouvera l'indication et le résumé dans les rapports présentés sur ce sujet par M. André Le Châtelier (1) : 1° au Congrès International des Méthodes d'essai, en 1900 ; 2° à la Commission des Méthodes d'essai des matériaux de construction. Mais la majeure partie de ces études ne comporte que des essais de traction, ou du moins des essais dans lesquels le développement de l'effort est lent et graduel, et les essais par choc sont complètement laissés de côté. Nous avons publié, en 1899, dans le Bulletin de la Société d'Encouragement (2), une première contribution à l'étude des essais de choc à différentes températures. Cette étude a été reproduite dans le volume publié en 1901, par la Société d'Encouragement, sous le titre de « Contribution à l'Étude des alliages métalliques ».

Le mode d'essai consistait à laisser tomber un mouton sur un barreau encastré et préalablement chauffé à une certaine température. On notait l'angle de ployage du barreau, puis on le réchauffait à la même température et on lui appliquait un second coup de mouton (avec la même hauteur de chute) et ainsi de suite jusqu'à rupture. Les résultats de l'essai effectué sur chaque barreau s'interprétaient graphiquement en portant en abscisses les angles de ployages, en ordonnées les forces vives absorbées par le barreau et représentant ainsi chaque coup de mouton par un point.

(1) André Le Chatelier. — Congrès International des Méthodes d'essais : *L'influence du temps et de la température sur les propriétés mécaniques et les essais des métaux.* — Commission des Méthodes d'essai des matériaux de construction : *Sur l'influence de la température sur les propriétés mécaniques des métaux.*

(2) Georges Charpy. — Bulletin de la Société d'Encouragement de février 1899 : *Etude sur l'influence de la température sur les propriétés des alliages métalliques.*

En reliant entre eux les divers points relatifs à un même barreau, on obtient une ligne dont l'inclinaison sur l'axe des abscisses peut servir à caractériser la *raideur* du métal et dont la longueur varie en raison inverse de la *fragilité*.

Ces essais ont fait ressortir l'accroissement de fragilité que produit sur les bronzes d'étain et sur les laitons à 30 0/0 de zinc une élévation de température. En ce qui concerne les différents aciers étudiés, qui étaient surtout des aciers doux, les essais n'ont généralement produit la rupture des barreaux à aucune température et n'ont par conséquent pu donner de résultats précis relatifs aux variations de la fragilité.

Depuis l'époque où a été publié ce mémoire, il a été effectué de nombreuses études relativement à la mesure de la fragilité, et on est généralement arrivé à admettre que l'on obtenait une évaluation numérique de cette grandeur en mesurant le travail absorbé par la rupture d'un barreau de métal entaillé de façon à localiser la déformation avant rupture. Nous avons proposé de désigner ce travail, rapporté au centimètre carré de la section de rupture, sous le nom de *résilience* (1).

Il nous a paru intéressant de reprendre, au moyen de cette nouvelle méthode, des essais de détermination de la fragilité des métaux à diverses températures. Ces essais ont été effectués aux Forges Saint-Jacques de Montluçon, avec le concours de M. H. Tessier du Cros, Ingénieur civil des Mines.

I

Métaux employés.

Les métaux étudiés étaient au nombre de cinq, savoir :

A. — Un acier extra-doux de la qualité fabriquée couramment par le procédé Thomas ;

B. — Un acier doux très pur fabriqué au four Martin ;

C. — Un acier demi-doux fabriqué au four Martin et soumis, pendant la solidification du métal, à la compression par tréfilage, d'après le procédé Harmet ;

D. — Un acier demi-dur, contenant un peu de nickel, fabriqué au four Martin ;

(1) G. Charpy. — *Note sur l'essai des métaux à la flexion par choc des barreaux entaillés.* — Bulletin de la Société des Ingénieurs civils. — 1901 II, page 848, et 1904 II, page 468.

E. — Un acier au chrome et au nickel fabriqué au four Martin.

Le tableau suivant donne la composition de ces différents aciers.

	C	Mn	Cr	Ni	S	P
A	0,04	0,33	»	»	0,02	0,05
B	0,14	0,28	»	»	0,006	0,005
C	0,21	0,60	»	»	0,03	0,03
D	0,36	0,34	»	1,10	0,01	0,01
E	0,36	0,37	1,60	3,50	0,005	0,02

Préparation et mode d'essai des barreaux.

Pour assurer la comparabilité des différents barreaux d'un même métal, nous avons employé les précautions dont nous avons déjà signalé l'importance dans un travail antérieur sur l'essai des barreaux entaillés (1).

Nous sommes partis de lingots de grandes dimensions, dans lesquels on a découpé à l'outil un fragment de dimensions réduites dans la partie la plus saine, déterminée préalablement en attaquant à l'acide deux sections transversales et diamétrales du lingot. Cette précaution, qui ne peut naturellement pas être suivie dans la pratique métallurgique courante, nous parait absolument indispensable pour l'obtention de barreaux destinés à des essais comparatifs. Si le rapport du poids du lingot au poids du fragment prélevé est suffisant, on peut arriver à faire disparaitre d'une façon pratiquement complète, l'influence de l'hétérogénéité physique et chimique du lingot.

Le fragment ainsi découpé dans le lingot est ensuite forgé, puis laminé en barre carrée de 30 mm sur 30 mm, et les barres ainsi obtenues sont elles-mêmes découpées en barreaux de 160 mm de longueur dont on numérote soigneusement les deux extrémités, de façon à pouvoir retrouver exactement leur position dans la barre ou le fragment primitif, et dont on repère les différentes faces afin que les entailles soient toutes faites sur une même face de la barre carrée.

(1) G. Charpy. — *Note sur l'essai des métaux à la flexion par choc des barreaux entaillés.* — Bulletin de la Société des Ingénieurs civils. — 1901 II, page 848, et 1904 II, page 468.

Les barreaux ainsi découpés ont tous subi un recuit prolongé à haute température (900 degrés environ) pour faire disparaître l'écrouissage aussi complètement que possible, puis ils ont été soumis à des opérations de trempe et de recuit aux températures donnant pour chaque nuance de métal le minimum de fragilité. Les différents barreaux d'un même métal étaient chauffés simultanément au milieu d'un four à moufle de grandes dimensions, de façon que tous fussent bien à la même température; ils étaient ensuite refroidis individuellement.

Les barreaux ainsi préparés recevaient une entaille de 15 mm de profondeur, dont le fond était un cylindre de 4 mm de rayon, et étaient essayés au mouton-pendule de 200 kgm que nous avons décrit dans d'autres publications (1).

Les barreaux étaient préalablement placés dans un bain maintenu à la température à laquelle on voulait opérer, bain d'éther ou d'acétone pour les basses températures, bain d'eau ou d'huile pour les températures moyennes, bains de chlorures et d'azotates alcalins fondus pour les températures élevées.

On le saisissait avec des pinces, on le plaçait sur les supports et on donnait le choc. Le temps qui s'écoulait entre la sortie du bain et la rupture était toujours nettement inférieur à 10 secondes, et on s'est assuré que dans ces conditions la variation de température du barreau était négligeable.

II

Résultats des expériences.

On a d'abord effectué une première série d'essais, à la température ambiante (qui était ce jour-là de 6 degrés) en prenant, dans chaque série, des barreaux aux deux extrémités et au milieu de la barre laminée, de façon à s'assurer que les précautions prises pour assurer la comparabilité des différents barreaux, avait été efficace et déterminer en même temps la précision sur laquelle on pouvait compter dans ces essais. Le tableau ci-dessous résume les résultats de cette première série. Pour chaque barreau, on a déterminé la résilience (nombre de kilogrammètres absorbés par la rupture, divisé par le nombre de

(1) Charpy. — Société des Ingénieurs civils. Bulletin, 1904 II, p. 468.

centimètres carrés de la section réduite avant rupture) et l'angle formé par les deux fragments du barreau rapprochés après rupture.

Quelques barreaux, exceptionnellement peu fragiles, ont absorbé sans se rompre la force vive totale du mouton-pendule. On n'a pu, dans ces quelques cas, indiquer qu'une limite inférieure de la résilience.

DÉSIGNATION DU MÉTAL	NUMÉRO DU BARREAU	RÉSILIENCE	ANGLE DE RUPTURE	OBSERVATIONS
			degrés	
A.	1	20,8	146	
	17	7,8	169	Défaut dans la cassure.
	34	20,2	146	
B.	1	44,6	89	Non cassé.
	15	44,6	91	Non cassé.
	32	44,6	88	Non cassé.
C.	3	9,9	166	
	28	10,8	168	
D.	1	15,7	163	
	15	14,7	161	
	20	15,3	161	
	30	16,6	158	
E.	1	25,1	140	
	10	23,3	145	
	20	23,7	145	
	33	24,9	143	

On a ensuite effectué des séries d'essais aux températures suivantes : — 80 degrés, — 18 degrés, + 30 degrés, + 97 degrés, + 200 degrés, + 290 degrés, + 350 degrés, + 425 degrés, + 500 degrés, + 600 degrés.

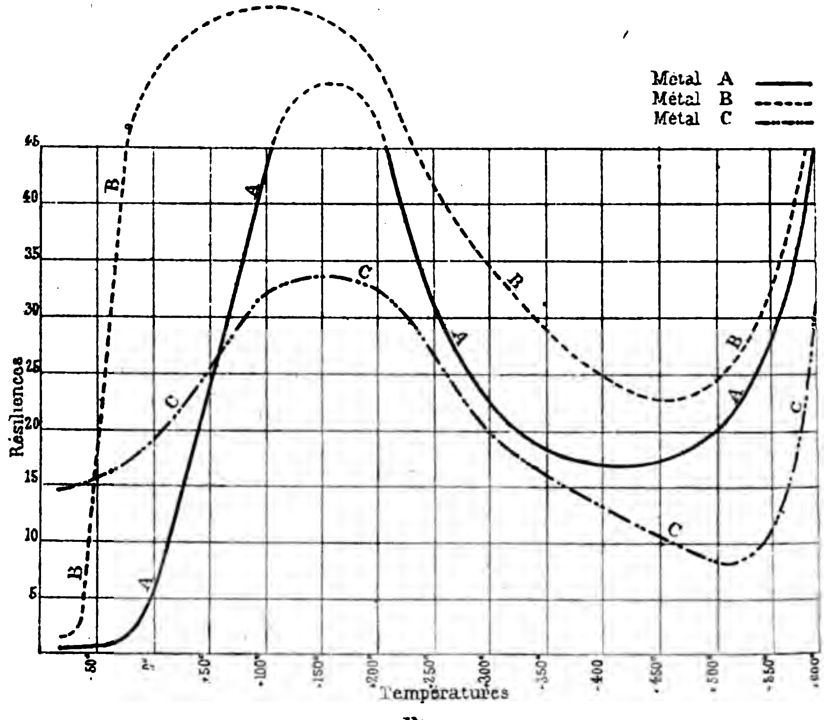
A chaque température, on essayait deux barreaux de chaque métal, prélevés à la suite l'un de l'autre dans la barre. Le tableau ci-dessous donne seulement les résiliences, les angles de rupture variant sensiblement de la même façon.

TEMPÉRATURE	RÉSILIENCE					OBSERVATIONS
	MÉTAL A	MÉTAL B	MÉTAL C	MÉTAL D	MÉTAL E	
degrés						
— 80	0,1	0,6	14,0	10,9	7,0	
— 80	0,1	1,3	15,3	10,6	9,7	
— 18	0,6	> 44,6 (1)	18,4	15,3	19,3	(1) Non cassé.
— 18	3,0	> 44,6 (2)	16,4	15,4	20,2	(2) Non cassé.
+ 30	19,4	> 44,6 (3)	23,3	16,6	21,8	(3) Non cassé.
+ 30	14,5	> 44,6 (4)	22,5	16,9	23,2	(4) Non cassé.
+ 97	34,0	> 44,6 (5)	30,7	24,0	22,5	(5) Non cassé.
+ 97	> 44,6 (6)	> 44,6 (7)	34,0	23,3	22,5	(6) (7) Non cassés.
+ 200	> 44,6 (8)	> 44,6 (9)	28,9	21,0	20,3	(8) (9) Non cassés.
+ 200	> 44,6 (10)	> 44,6 (11)	35,5	21,8	22,9	(10) (11) Non cassés.
+ 290	23,3	34,4	20,1	18,6	21,8	
+ 290	23,5	37,3	21,3	19,1	21,8	
+ 350	19,1	29,1	15,5	16,0	19,4	
+ 350	18,3	29,6	17,5	15,8	20,3	
+ 425	17,2	23,3	12,0	12,5	18,8	
+ 425	17,1	23,3	12,0	11,8	18,3	
+ 500	19,4	26,2	8,3	9,5	15,8	
+ 500	20,6	22,5	8,6	9,5	16,8	
+ 600	> 44,6 (12)	> 44,6 (13)	26,6	34,0	23,6	(12) (13) Non cassés.
+ 600	> 44,6 (14)	> 44,6 (15)	35,1	32,9	28,1	(14) (15) Non cassés.

On peut remarquer que les essais des deux barreaux traités dans les mêmes conditions sont en général très concordants, surtout en ce qui concerne les métaux D et E. Nous attribuons cette plus grande régularité à ce que les lingots générateurs des métaux D et E étaient beaucoup plus lourds (environ 20 tonnes) ; on a donc pu y prélever un fragment n'intéressant qu'une fraction assez faible de la section, et éviter ainsi toute hétérogénéité.

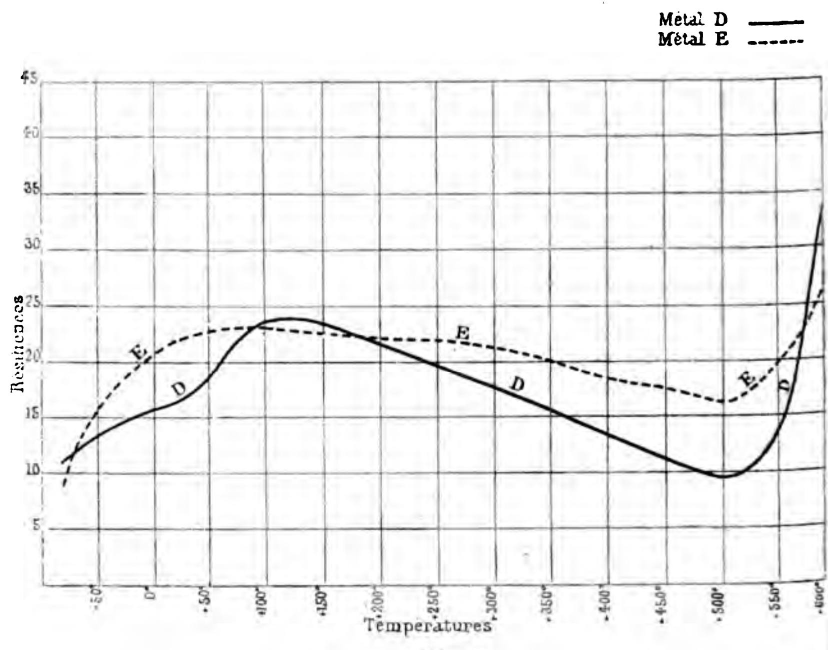
Ces résultats ont été interprétés graphiquement dans les courbes des figures 1 et 2, que l'on a construites en portant en abscisses les températures et en ordonnées les résiliences (moyenne des deux essais faits à chaque température) *(fig. 1)*.

On voit que, pour tous les aciers essayés, la résilience, dont les variations sont inverses de celles de la fragilité, augmente quand la température s'élève (à partir des basses températures) atteint un maximum entre 100 et 200 degrés, diminue ensuite



Métal A
Métal B
Métal C
Résiliences
45
40
35
30
25
20
15
10
5
A
B
C
-50°
0°
+50°
+100°
+150°
+200°
+250°
+300°
+350°
+400°
+450°
+500°
+550°
+600°
Températures

Fig. 1



Métal D
Métal E
Résiliences
45
40
35
30
25
20
15
10
5
D
E
-50°
0°
+50°
+100°
+150°
+200°
+250°
+300°
+350°
+400°
+450°
+500°
+550°
+600°
Températures

Fig. 2

pour atteindre un minimum entre 400 et 500 degrés (fragilité au bleu), et se relève enfin quand la température continue à augmenter et que l'on atteint le rouge.

Les variations sont surtout importantes pour les métaux doux; il est frappant de voir que pour le métal A, il suffit de passer de + 20 degrés à — 20 degrés pour voir la résilience baisser dans le rapport de 6 à 1.

Le métal B, qui est d'une nuance analogue, mais beaucoup plus pur, subit également des variations énormes, quoique moins impressionnantes au point de vue pratique. Il est cependant remarquable que ce métal qui, après un traitement thermique convenable, peut plier à bloc sur entaille, à la température ordinaire, se casse comme du verre, en absorbant un travail à peine mesurable, à la température de — 80 degrés, et devienne à ce moment beaucoup plus fragile que des métaux donnant une résistance à la rupture notablement plus élevée (*fig. 2*).

Les aciers spéciaux demi-durs paraissent présenter une très grande supériorité au point de vue de l'influence de la température sur la fragilité. Le métal E, au chrome et au nickel (qui présente une résistance à la traction de 80 kg environ), possède à la température ordinaire une résilience de 16 environ, qui ne descend pas au-dessous de 14 par un refroidissement à — 80 degrés et qui augmente plutôt aux températures élevées, même à la température du *bleu* (400 à 500 degrés).

Les conclusions pratiques qu'il y a à tirer de cette étude sont donc :

1° Que par l'emploi des aciers spéciaux (au chrome et au nickel), on peut éviter à peu près complètement les inconvénients de la variation de la fragilité avec la température, y compris la fragilité à la température du bleu;

2° Que l'augmentation de la fragilité aux basses températures, déjà signalée notamment par Tchernoff et Bernardon, doit être prise en très sérieuse considération, en ce qui concerne les aciers doux, surtout, semble-t-il, quand ces aciers sont de pureté médiocre, car elle est assez brusque et assez considérable pour pouvoir donner lieu à de graves accidents.

TRAITEMENT THERMIQUE

DES

PRODUITS MÉTALLURGIQUES

PAR

M. Léon GUILLET

AVANT-PROPOS

La Communication que je viens vous présenter n'est, en somme, que la suite toute naturelle des conférences que j'ai déjà eu l'honneur de vous faire.

Cependant, comme son titre l'indique, elle ne se limite pas seulement à l'étude des traitements thermiques pour les produits sidérurgiques ; nous nous placerons à un point de vue beaucoup plus général, en envisageant tous les produits métallurgiques. En somme, Messieurs, le problème que je me propose d'étudier devant vous est un problème de chimie physique dont je veux vous montrer toute l'importance industrielle. Je tiens également à insister sur le côté théorique de la question : pour cela, sans vous donner de démonstration, j'indiquerai d'une façon précise la chaîne absolument continue qui lie la théorie des solutions à celle des alliages.

Les produits métallurgiques qu'utilise l'industrie peuvent être divisés en deux classes très générales :

1° Les produits employés bruts de coulée ;

2° Les produits utilisés après traitement convenable.

Les traitements que sont appelés à subir les métaux et leurs alliages sont de trois sortes :

Les traitements mécaniques ;

Les traitements chimiques ;

Les traitements thermiques.

Les traitements mécaniques, représentés par le laminage, le martelage, l'étirage, le tréfilage, etc., sont particulièrement connus de l'industriel qui utilise les produits métallurgiques. Il sait, fort bien, que ces traitements s'appliquent non seulement

aux alliages de fer et de carbone, aux aciers spéciaux, à certains métaux, cuivre, plomb, étain, zinc, aluminium, etc. mais encore à de nombreux alliages, tels que les laitons, certains bronzes, quelques alliages de cuivre-aluminium, cuivre-silicium, etc.

Les traitements chimiques sont ceux dans lesquels interviennent des réactions chimiques et, par conséquent, des changements dans la composition chimique du produit initial. Deux de ces traitements vous sont particulièrement connus : ce sont la cémentation, ayant pour but d'enrichir l'acier doux en carbone superficiellement ou même en profondeur, et la fabrication de la fonte malléable, qui consiste dans la décarburation de la fonte moulée par l'intermédiaire de l'oxyde de fer.

Mais l'on peut citer d'autres traitements chimiques qui sont ou peuvent devenir intéressants : c'est ainsi que, lorsqu'on plonge dans la vapeur de zinc un fil de cuivre, on peut le transformer en laiton ; la fabrication des fils extrêmement fins pour l'ornementation est basée sur ce phénomène de dissolution qui est d'ailleurs fort général.

De nombreuses expériences, que je n'ai pas encore publiées, m'ont montré, que pour de très nombreux métaux, il y avait dissolution mutuelle à une température bien inférieure à celle de fusion du plus fusible des deux métaux : j'ai observé notamment ce phénomène avec le cuivre et l'étain, le fer et l'aluminium [1].

Ce sont là, en somme, des phénomènes du même ordre d'idées que celui que nous observons dans la cémentation de l'acier : il y a formation d'une solution solide.

Les traitements thermiques sont ceux dans lesquels la variation de température entre seule en jeu. Vous connaissez déjà leurs noms : ce sont la trempe, le recuit et le revenu.

C'est sur ces traitements que je tiens à insister ce soir, en vous en montrant surtout toute la généralité.

Je diviserai cette communication en trois parties :

1° De l'établissement du diagramme des alliages de deux métaux. Considérations physico-chimiques qui ont conduit à des déductions pratiques ;

2° Théorie des traitements thermiques, particulièrement de la trempe ;

3° Application de cette théorie aux alliages industriels.

(1) M. Le Chatelier m'a signalé pour ces deux métaux qu'il avait fait des expériences qui l'ont conduit aux mêmes conclusions.

I

CONSIDÉRATIONS PHYSICO-CHIMIQUES — LOI DES PHASES

Établissement du Diagramme d'Équilibre des Alliages

Gibbs a établi une loi qui a une très grande importance et constitue en quelque sorte la base même de la théorie des alliages. Je fais allusion à la *loi des phases* qui peut s'énoncer comme suit : « Le nombre V des variations indépendantes que l'on peut faire subir à un système chimique ou variance de ce système est représenté par :

$$V = C + P - \varphi.$$

» C est le nombre des composés indépendants du système considéré.

» P est le nombre des facteurs d'équilibre.

» φ est le nombre des phases du système. »

Quelques définitions sont nécessaires pour la compréhension de cette loi qui se démontre mathématiquement (voir l'*Équilibre des systèmes chimiques* de Gibbs traduit par M. Henry Le Chatelier).

On appelle *système chimique* l'ensemble obtenu en mettant en présence un certain nombre de corps simples ou composés.

On appelle *composés indépendants* d'un système les composés qui, entrant dans un système, n'ont entre eux aucune liaison.

On appelle *phases* d'un système les différentes *matières homogènes* qui sont en présence dans ce système.

Quelques exemples feront mieux comprendre ces deux dernières définitions :

Soit un système chimique formé par un liquide surmonté de sa vapeur. Nous n'avons qu'un composé, le produit considéré ; peu importe ici son état.

Mais nous avons deux phases, puisque par définition une phase est une matière homogène ; nous avons le liquide d'une part, le solide d'autre part.

Examinons maintenant le cas du système formé par du carbonate de chaux partiellement dissocié. Le système sera consti-

tué par du carbonate de chaux, de l'acide carbonique et de la chaux.

Cependant le nombre des composés indépendants ne sera que 2, parce que, connaissant la quantité d'acide carbonique libre on pourra en déduire la quantité de chaux du système, l'union des deux devant donner naissance à du carbonate de chaux.

Ces exemples font bien comprendre ce que sont le composé indépendant et la phase.

Un *système chimique* est défini par la composition et la masse de chaque phase. On appelle *variation du système* une variation quelconque de l'un de ces deux facteurs et l'on dit qu'un système chimique est en équilibre lorsque ces facteurs sont constants.

On nomme enfin *facteurs d'équilibre* les actions physiques qui peuvent influer sur l'équilibre chimique : ce sont principalement *la température* et *la pression.*

Revenons maintenant à la relation indiquée plus haut et qui constitue la loi des phases. Supposons que le nombre des facteurs d'équilibre soit la pression et la température, ce qui est le cas le plus fréquent. Nous avons :

$$P = 2,$$

et la solution devient :

$$V = C + 2 - \varphi.$$

Considérons le cas du liquide surmonté de sa vapeur ; nous avons :

$$C = 1 \quad \text{et} \quad \varphi = 2,$$

$$V = 1 + 2 - 2 = 1.$$

Donc le système formé par un liquide surmonté de sa vapeur est univariant.

Dans le cas du carbonate de chaux partiellement dissocié on a :

$$C = 2 \quad \text{et} \quad \varphi = 3.$$

Donc $V = 2 + 2 - 3 = 1$. Le système est encore univariant.

Soit un sel que nous dissolvons dans l'eau et supposons que la quantité de sel ajoutée soit telle qu'il reste du sel non dissous, la solution étant saturée. On a ici $C = 2$ (sel et eau) $\varphi = 2$ (solution et sel) $V = 2 + 2 - 2 = 2$. Le système est divariant.

Supposons maintenant deux sels anhydres que l'on dissout dans l'eau et supposons que les deux sels donnent ainsi un sel double provenant de leur combinaison :

On a $C = 3$ (deux sels et eau) $\varphi = 2$ (dissolution et combinaison).

$$V = 3 + 2 - 2 = 3.$$

Le système est trivariant.

Ayant cité des exemples de systèmes de différentes variances, nous donnerons maintenant les lois qui régissent les systèmes suivant leurs variances.

Loi des systèmes à variance négative. — Un système à variance négative ne peut être en équilibre sous aucune pression et à aucune température.

C'est dire qu'un tel système ne peut pas exister. C'est ainsi que l'on ne peut pas obtenir simultanément le même corps sous deux formes allotropiques: à l'état liquide et à l'état gazeux.

Ici $V = 1 + 2 - 4 = -1$.

Loi des systèmes à variance nulle ou systèmes invariants. — Un système à variance nulle n'est en équilibre que sous une pression et à une température déterminées.

Comme exemple, on peut citer le système formé par un corps sous les trois états solide, liquide et gazeux.

Loi des systèmes univariants. — Un système univariant est en équilibre à une température déterminée pour une pression connue ou inversement. Si l'on examine un liquide et sa vapeur, un tel système est univariant : on a en effet :

$$V = 1 + 2 - 2 = 1.$$

Un tel système est en équilibre, pour une pression connue, à une température déterminée. Cette température est le point d'ébullition.

Quand on considère le système formé par un solide et le liquide correspondant, on a le point de solidification.

Si on considère un corps dissocié, tel que le carbonate de chaux, à une température donnée, il y aura équilibre sous une pression déterminée. La pression reçoit alors le nom de tension de dissociation.

Loi des systèmes bivariants. — Un système bivariant est en équilibre sous toute température et sous toute pression. De plus à chaque température

et à chaque pression correspond une composition déterminée de chaque phase.

Examinons en détails l'exemple donné par la solution d'un sel dans l'eau. C'est cet exemple qui nous servira de point de départ pour relier la théorie des alliages à la théorie des solutions.

Dissolvons un sel dans l'eau et ajoutons du sel de façon que non seulement la solution soit saturée, mais qu'il y ait un excès de sel non dissous. Nous l'avons dit, un tel système est bivariant.

A toute température et sous toute pression, le système est en équilibre. La solution sera saturée. C'est un phénomène bien connu.

Mais, si l'on vient à changer la température ou la pression la composition des phases variera, l'équilibre se rétablissant toujours.

Toutefois, pour une température déterminée et pour la même pression, la composition des deux phases est parfaitement déterminée ; on connait et le poids du sel non dissous et le poids de sel dissous dans le liquide. Celui-ci n'est autre que le coefficient desolubilité du sel à la température considérée.

Loi régissant les systèmes plurivariants. — Tout système plurivariant est en équilibre sous toute pression et pour toute température.

Pour connaître la composition des phases, il faut des données dont le nombre dépend de la plurivariance du système. Pour un système à n variances, il faudra $n - 2$ données.

Soit, par exemple, deux sels dissous dans l'eau et donnant naissance à une combinaison solide. On sait qu'un tel système est trivariant. Pour définir les diverses phases, il faudra une autre donnée, par exemple, la quantité de l'un des sels dissous dans l'eau.

Telles sont les lois qui régissent les systèmes chimiques des diverses variances.

Revenons maintenant au système constitué par un sel en solution dans l'eau avec un excès de sel non dissous.

Un tel système est bivariant. Pour une pression connue, la pression atmosphérique, par exemple, le système est en équilibre à toute température ; de plus, pour une température déterminée la composition de chaque phase est connue : en particulier, la composition de la phase liquide ; on peut la définir par le rapport de la masse m du sel dissous à la masse M d'eau employée, soit $\frac{m}{M} = \sigma$.

En faisant varier la température, on fait varier σ et on obtient la courbe de la figure 1 qui est la courbe de solubilité du sel dans l'eau.

La région au-dessus de la courbe correspond aux solutions non saturées et, au-dessous, aux solutions sursaturées.

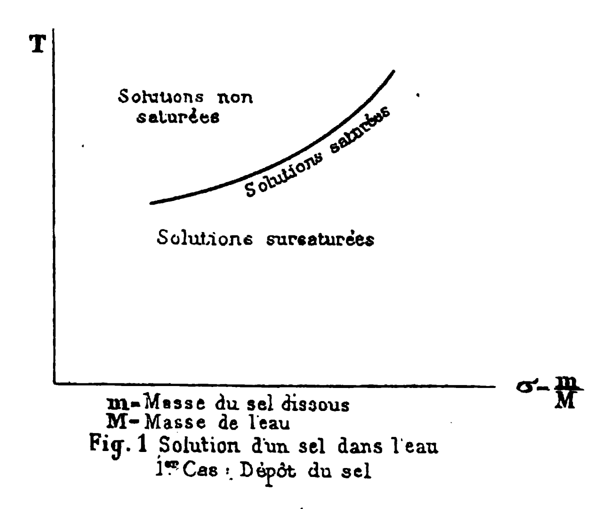


Fig. 1 Solution d'un sel dans l'eau
1er Cas : Dépôt du sel

Supposons maintenant qu'en dissolvant le sel dans l'eau il se dépose non plus le sel initial, mais un hydrate de ce sel.

C'est ainsi que le chlorure de magnésium laisse déposer l'hydrate $Mg\ Cl^2 + 2\ H^2O$.

Le système est toujours bivariant.

L'expérience montre que la courbe de solubilité est formée de deux branches, l'une qui monte et correspond à une concentration de la solution inférieure à celle de l'hydrate, l'autre qui descend et correspond à une concentration de la solution supérieure à l'hydrate *(fig. 2)*.

On démontre que l'espace situé à l'intérieur de la courbe correspond aux solutions sursaturées et celui situé à l'extérieur de la courbe correspond aux solutions non saturées.

Le maximum de la courbe de solubilité correspond à l'hydrate. Ceci est évident, l'une des branches correspond à une concentration inférieure à l'hydrate, l'autre à une concentration supérieure à l'hydrate. Le point de rencontre des deux courbes est donc l'hydrate même.

On démontre qu'à ce point les deux courbes ont même tangente et que cette tangente est horizontale.

On peut donc dire que, dans ce cas, au maximum de la courbe correspond l'hydrate, c'est-à-dire la combinaison du sel et de l'eau.

On remarquera, de plus, que, pour le maximum, la solution a même composition que le dépôt; les deux sont l'hydrate. Donc,

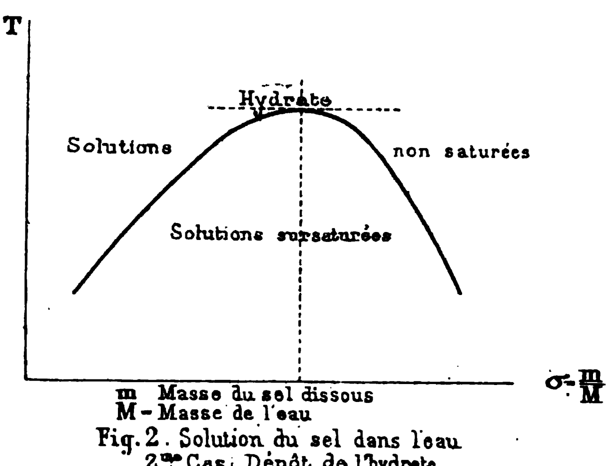


Fig. 2. Solution du sel dans l'eau
2me Cas: Dépôt de l'hydrate

au maximum, la phase liquide et la phase solide ont même composition.

Considérons un nouveau cas plus complexe que les précédents; soit un sel que l'on dissout dans l'eau et qui laisse déposer deux hydrates de composition différente.

Ce cas est donné par le sulfate de thorium.

Ici nous avons $C = 2 \qquad \varphi = 3,$

On a $V = 2 + 2 - 3 = 1.$

Donc le système est en équilibre à une seule température pour une pression connue.

Chaque précipité a sa courbe de solubilité propre et il ne peut y avoir équilibre entre la solution et les deux précipités que pour une température et une concentration déterminées (point de rencontre des deux courbes).

On démontre aisément que l'une des formes que peut affecter la courbe est celle de la figure 3 et que, dans ce cas, le produit qui correspond au point de rencontre des deux courbes est formé par des lamelles alternantes des deux sels. Il a été nommé eutectique.

En résumé, à un maximum correspond le dépôt de l'hydrate (cas de la formation d'un seul hydrate), à un minimum le mélange eutectique formé de lamelles alternantes des deux hydrates qui

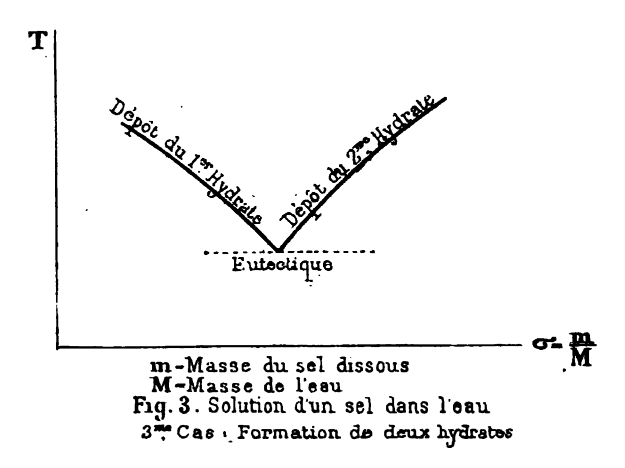


Fig. 3. Solution d'un sel dans l'eau
3me Cas : Formation de deux hydrates

se déposent suivant les branches aboutissant à ce minimum (cas de la formation de deux hydrates).

Passons maintenant au cas : solution d'un sel dans un autre sel.

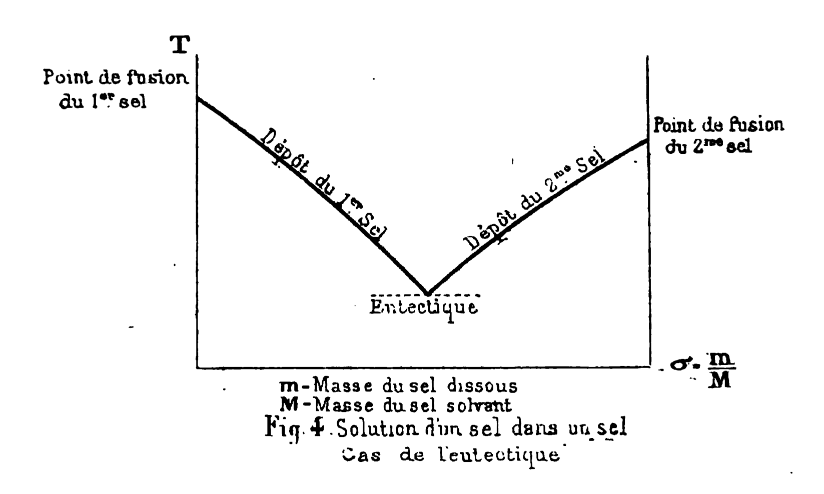


Fig. 4. Solution d'un sel dans un sel
Cas de l'eutectique

Au lieu de dissoudre un sel dans l'eau, dissolvons-le dans un autre sel fondu. On peut encore ici décrire la courbe de solubilité en fonction de la température.

Toutefois, l'habitude est de porter sur l'axe des x non plus le rapport $\frac{m}{M}$ de la masse du sel dissous à la masse du sel solvant, mais bien le rapport $\frac{m}{M + m}$ de la masse du sel dissous à la somme des masses du sel solvant et du sel dissous.

Lorsqu'on étudie ces courbes, comme l'a fait M. Henry Le Chatelier, on trouve que l'une des formes les plus fréquentes, est celle déjà trouvée dans le cas des deux hydrates, deux bran-

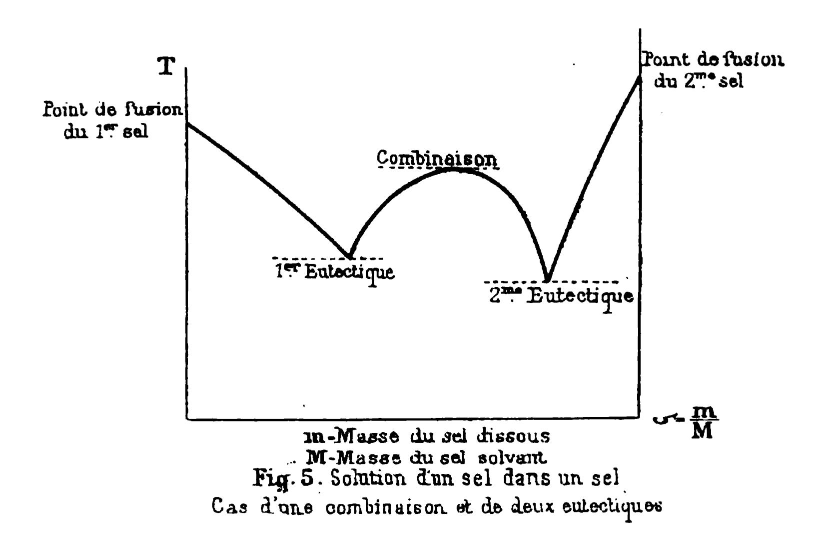


Fig. 5. Solution d'un sel dans un sel
Cas d'une combinaison et de deux eutectiques

ches se coupant en un point eutectique, chaque branche correspondant au dépôt de l'un des sels.

Mais un autre cas des plus intéressants est le suivant : lorsque les deux sels sont susceptibles de donner une combinaison, on obtient trois branches de courbe ; les deux extrêmes correspondent au dépôt de deux sels, la troisième au dépôt de la combinaison et le maximum correspond à la combinaison même.

Il y a alors deux eutectiques, l'un correspondant au premier et à la combinaison, l'autre au deuxième sel et à la combinaison.

Il est bien évident que, dans toutes ces courbes, le point initial et le point final correspondent aux points de fusion des deux sels.

Supposons enfin deux sels isomorphes que l'on dissout l'un dans l'autre. L'expérience montre que la courbe est formée d'une seule branche joignant les points de fusion des deux sels.

Passons maintenant aux alliages. Supposons que nous fondions ensemble deux métaux, A et B, dans toutes les proportions possibles entre zéro A et 100 B, d'une part, et 100 A et zéro B, d'autre part, et que nous déterminions, au moyen d'un couple thermo-électrique ou d'un thermomètre, la température à laquelle ils commencent à se solidifier; en portant sur l'axe des x la composition (c'est-à-dire le $\frac{m}{M + m}$ du cas des sels fondus dans lequel $M + m = 100$) et sur l'axe des y la température et en

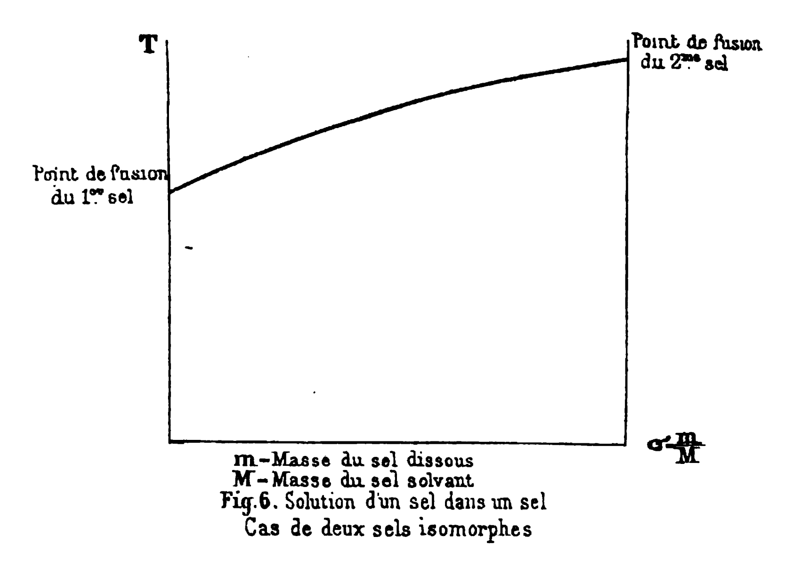


Fig. 6. Solution d'un sel dans un sel
Cas de deux sels isomorphes

joignant les différents points obtenus, on a la courbe de fusibilité des alliages des deux métaux.

Cette courbe peut affecter différentes formes qui se rapprochent de celles obtenues dans l'étude des sels fondus *(fig. 7 à 10)*.

La forme de la figure 7 montre l'existence d'un eutectique formé par les deux métaux. La forme de la figure 8 indique l'existence d'un maximum et de deux eutectiques.

Le maximum n'indique pas forcément l'existence d'une combinaison.

Il montre simplement que la phase correspondant au maximum a, après solidification, même composition qu'à l'état liquide.

Ce peut être une combinaison, mais ce peut être aussi une *solution solide*. Il me faut insister sur la notion de solution solide.

Supposons deux sels isomorphes, l'un d'eux étant dissous dans l'autre préalablement fondu. Si on laisse refroidir le mélange de

façon qu'il se solidifie, on voit qu'il est aussi intime que possible, le microscope ne peut déceler l'un ou l'autre des deux sels initiaux. Par analogie à ce qui s'est passé à l'état liquide, on appellera avec Van t'Hoff solution solide, ce mélange intime dans lequel le microscope ne peut pas reconnaître les produits initiaux.

Dans les alliages métalliques, on appellera solution solide tous produits homogènes autres que les corps définis.

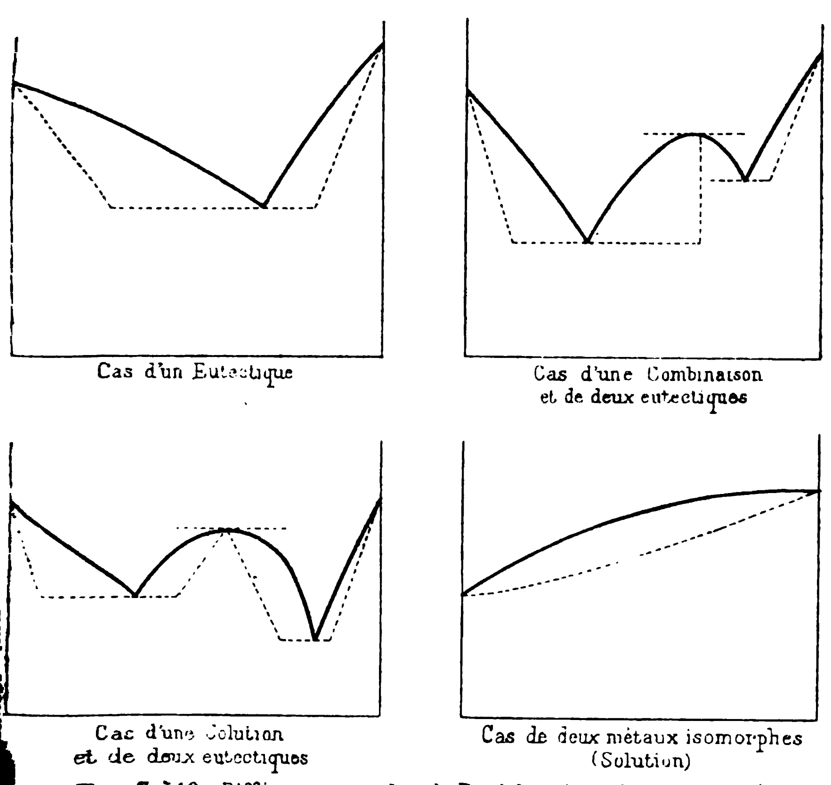


Fig 7 à 10. Différentes courbes de Fusibilité (Liquidus et solidus) des alliages binaires
——— Liquidus
- - - - - Solidus

La solution solide peut varier de composition entre des limites uvent très étendues. (C'est ainsi que la solution α des laitons nferme de 63 à 100 0/0 de cuivre). C'est là ce qui la distine de la combinaison qui possède une composition invariable. Supposons donc la courbe de commencement de solidification

déterminée avec ses maxima et ses minima. Cette courbe, nous l'appellerons avec Roozeboom *le liquidus*, parce qu'au-dessus d'elle tout l'alliage est à l'état liquide.

Considérons ce qui se passe lorsque nous serons un peu au-dessous du liquidus. La solidification est commencée ; mais généralement elle ne sera pas immédiatement finie ; car la plupart des alliages se solidifient entre deux températures. Cependant les combinaisons ou les solutions solides correspondant au maximum des courbes de fusibilité et les eutectiques se solidifient dans toute leur masse à une même température. Il faut donc noter les points de fin de solidification. On aura ainsi le *solidus* au-dessous duquel tous les alliages sont à l'état solide.

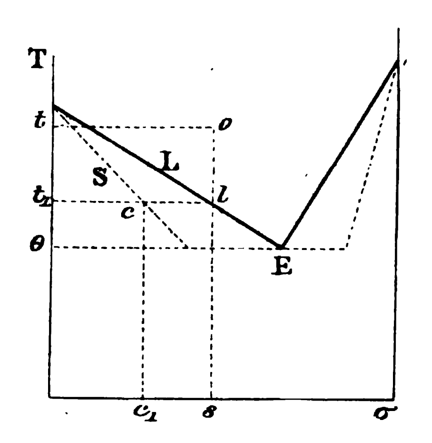


Fig. 11. Relation entre le solidus et le liquidus

Entre le solidus et le liquidus une partie de l'alliage est à l'état liquide, une autre à l'état solide.

Les formes les plus fréquentes du liquidus et du solidus sont données dans les quatre figures dans lesquelles le liquidus est en traits pleins et le solidus en pointillé.

Le point le plus intéressant à noter et que l'expérience confirme constamment est le suivant : considérons un alliage de compositions à la température t, à laquelle il est entièrement liquide, et laissons-le refroidir. Lorsqu'il passe à la température t_1 qui correspond au liquidus, cet alliage passe en partie à l'état solide, en déposant des cristaux de composition c donnée par la rencontre de l'horizontale et du solidus, et lorsque la température descend au-dessous de t_1 les cristaux qui se déposent ont une composition qui varie suivant la courbe S, tandis que la composition du liquidus varie suivant la courbe L. Lorsque la température devient θ, cristaux et liquide ont même composition et tout se prend en masse.

Nous avons donc déterminé solidus et liquidus. Nous voici maintenant en présence d'alliages solides ; il nous faudra étudier

la loi qui préside à leur refroidissement ; nous trouverons alors très souvent des points de transformation, qui seront indiqués par des dégagements de chaleur pendant le refroidissement. Nous noterons avec soin ces points sur le plan ; nous arriverons

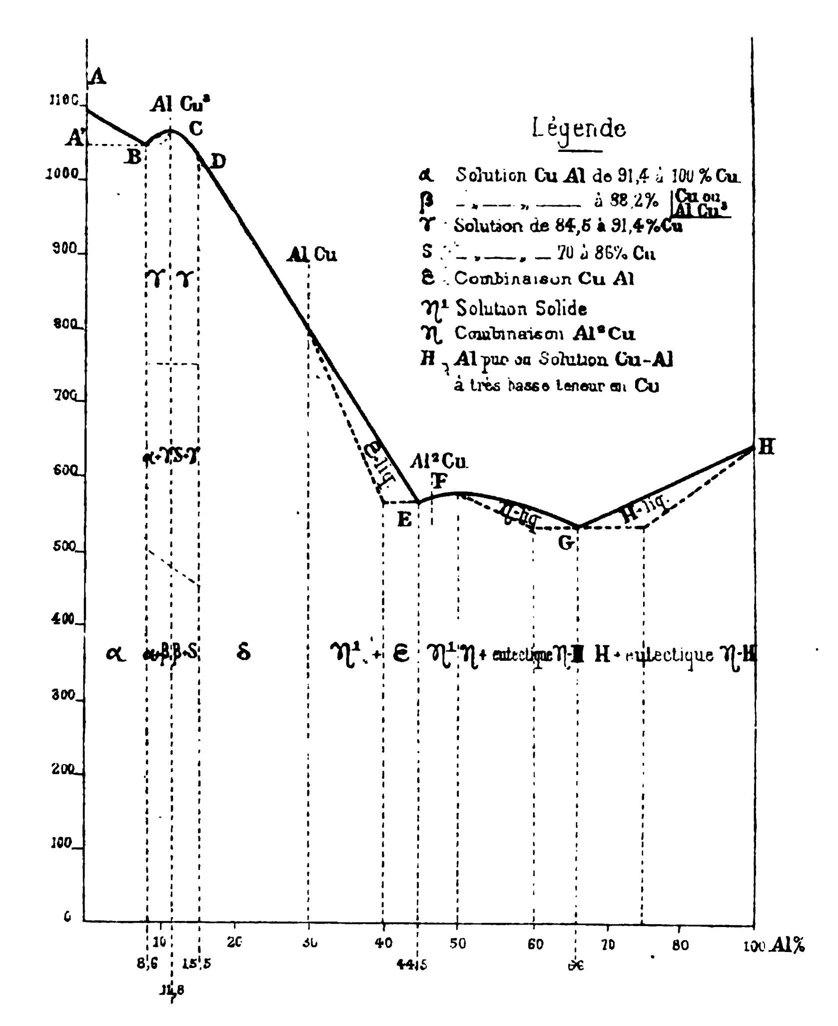


Fig. 12. Diagramme des Alliages Cuivre-Alluminium.

ainsi à le diviser en un certain nombre de régions correspondant aux divers constituants. La Micrographie nous permettra de préciser la nature des divers constituants.

Nous aurons ainsi déterminé le diagramme des alliages considérés. J'en donnerai de suite un exemple avec le diagramme

des alliages aluminium-cuivre que j'ai déterminé l'an dernier; il comprend :

Le liquidus ABCDEFGH ;

Le solidus dessiné en pointillé au-dessous du liquidus,

Les différentes zones correspondant aux divers constituants dont la désignation se trouve à côté de la figure.

A noter spécialement les zones comprises entre 8, 6 et 15,5 0/0 d'aluminium. On note là des points de transformation des plus intéressants sur lesquels je reviendrai plus loin.

Un tel diagramme figure l'état d'équilibre pris par les alliages lorsque la vitesse de refroidissement a été suffisamment lente pour permettre à cet équilibre de s'établir. Enfin, il ne faut pas oublier que nous avons supposé ici la pression constante. Si l'on faisait varier celle-ci, on aurait un diagramme à trois dimensions.

II

THÉORIE DE LA TREMPE

La trempe est une opération dans laquelle un métal porté à une certaine température est refroidi brusquement par une immersion dans un bain liquide ou gazeux dont la température est plus basse que celle à laquelle le métal a été porté.

Pratiquement, on dit qu'un métal *prend* la trempe lorsque, ayant subi l'opération telle que nous l'avons définie, il a éprouvé dans ses propriétés un changement quelconque.

C'est ainsi qu'en terme d'atelier on dit qu'un acier dur prend la trempe lorsque, porté vers 750° et refroidi brusquement dans l'eau, il présente à la lime une dureté beaucoup plus grande que celle qu'il possédait avant le traitement.

Je montrerai tout à l'heure combien est fausse pareille définition. Dans l'état actuel de la théorie physico-chimique des alliages, nous dirons qu'un produit métallurgique prend la trempe lorsque, porté à une certaine température et refroidi brusquement, il possède une *constitution intermoléculaire* autre que celle qu'il avait avant le traitement et autre que celle donnée par un recuit suivi de refroidissement lent.

Il me faut insister de suite sur deux points :

Lorsqu'on parle de différence dans la constitution intermoléculaire après trempe, cela n'indique pas forcément que ce traitement ait créé des constituants nouveaux, mais bien aussi que les proportions des constituants préexistants ou leur répartition changent. J'insisterai plus loin sur cette idée.

D'autre part, il arrive fort souvent qu'après quelques essais, on déclare qu'un alliage n'est pas susceptible de prendre la trempe ; cette affirmation est beaucoup trop absolue. Il faut qu'une étude générale de l'alliage ait été faite pour qu'on puisse se prononcer. Il se peut, en effet, que les conditions de l'expérience ne soient pas celles qui correspondent à une transformation intermoléculaire ; il se peut aussi que les méthodes d'essai dont on dispose, telle la lime dans les ateliers de mécanique, ne soient pas suffisamment précises pour permettre d'affirmer qu'il soit survenu un changement dans les propriétés mécaniques.

Pour qu'un alliage prenne la trempe, il faut donc que, porté

à la température de trempe, il ne possède pas la même constitution qu'à la température ordinaire, le refroidissement brusque ayant justement pour effet de maintenir, du moins partiellement, la même constitution que celle que possédait l'alliage au moment de la trempe.

D'après cela, un alliage prendra la trempe s'il possède un point de transformation. Le diagramme, étudié comme il a été indiqué plus haut, nous permet de déterminer si un alliage prend ou ne prend pas la trempe.

En effet, nous voyons que jusqu'à la température de transformation, il possède une certaine constitution ; si la température continue à croître, la constitution change.

Si donc, étant arrivé à cette zone, on vient à tremper l'alliage c'est-à-dire à le refroidir brusquement, on maintiendra, tout au moins partiellement l'état, dans lequel se trouve le métal au moment où on l'a trempé. Je dis *partiellement*, car la vitesse de refroidissement n'est généralement pas assez grande pour empêcher de se produire une partie plus ou moins importante de la transformation inverse qui se serait faite si le refroidissement avait été lent. En un mot, la constitution après trempe ne sera pas la même qu'après refroidissement lent.

Les corollaires de cette théorie sont les suivants : tout produit métallurgique présentant un point de transformation doit prendre la trempe et la trempe ne peut avoir lieu que si la température de trempe est au moins égale à la température de transformation. Ceci est bien exact ; mais on est en droit de se demander si ces alliages qui présentent un point de transformation sont les seuls à prendre la trempe.

Nous avons admis plus haut, par définition, qu'un alliage prend la trempe si ce traitement apporte une modification dans sa constitution.

Ceci ne peut généralement se produire que lorsqu'il y a point de transformation ; il existe cependant d'autres cas que je tiens à vous citer de suite : supposons un alliage formé par une seule solution solide ; cet alliage ne comporte qu'une phase et cependant la micrographie indique nettement que le produit refroidi lentement n'est pas homogène.

Cela provient seulement de ce qu'une ségrégation s'est produite pendant le refroidissement et certains endroits sont plus riches que d'autres en l'un des métaux.

Si l'on réchauffe le métal au-dessous du point de fusion, on

peut faire disparaître cette ségrégation, la solution devient homogène et si on refroidit brusquement, cette homogénéité persiste.

Le microscope accuse la transformation; au sens indiqué, il y a trempe, bien qu'il n'y ait pas de constituant nouveau; ce cas rentre bien dans la définition que nous avons donnée.

Nous en verrons d'ailleurs plus loin toute l'importance industrielle pour les alliages de cuivre.

Enfin il est bien évident que si l'on trempe un alliage entre le solidus et le liquidus, on obtient une transformation du métal, une partie étant à l'état liquide. Ceci a lieu, a fortiori, lorsqu'on refroidit brusquement un alliage fondu. On obtient une texture toujours extrêmement grenue et fine. L'industrie ne recherche généralement pas ce cas. Toutefois, il se produit quelquefois involontairement, comme nous le verrons à propos des antifrictions, et on l'utilise pour la fabrication de bronzes à haute teneur en plomb.

J'insisterai tout spécialement sur ce point, car il présente une application industrielle des plus intéressantes. Supposons deux métaux tels que le cuivre et le plomb, dont les alliages sont formés de deux métaux gardant leur individualité et ne formant pas d'eutectique.

Le plomb forme des agglomérats dans le cuivre et ces agglomérats sont mal répartis dans la masse, le métal est hétérogène.

Si l'on considère le métal à l'état liquide et si on le laisse refroidir jusqu'à solidification du cuivre, le plomb est encore à l'état liquide et tend à se rassembler à la partie inférieure, étant donné sa forte densité. Si le refroidissement est assez brusque pour que cuivre et plomb se solidifient en même temps, il est bien évident que le plomb sera bien mieux réparti dans la masse de l'alliage. Les deux micrographies le prouvent.

C'est sur ce principe qu'est basée la préparation de bronzes à haute teneur en plomb, qui, refroidis brusquement, présentent une assez grande homogénéité.

En résumé, le plus souvent les alliages prennent la trempe, parce qu'ils présentent des points de transformation. Cependant, dans des cas très particuliers, que nous étudierons en détail plus loin, on peut produire par trempe des modifications dans la constitution en empêchant la ségrégation; on peut enfin obtenir une constitution très spéciale en saisissant le métal lorsqu'il est, tout ou partie, à l'état liquide.

La théorie de la trempe réside essentiellement dans une transformation de la constitution du métal obtenue grâce à l'élévation de température et maintenue plus ou moins complètement par un refroidissement rapide.

Lorsque nous étudierons plus loin l'application de cette théorie aux aciers aux carbones, nous trouverons une très heureuse interprétation due à M. André le Chatelier et reprise tout dernièrement par M. Grenet.

Facteurs qui interviennent dans l'opération de la trempe.

Nous voyons de suite les facteurs qui vont intervenir dans l'opération de la trempe d'un alliage déterminé : ce sont :

1° La température de trempe ;

2° Le temps de chauffage ;

3° Le bain de trempe.

1° La température de trempe

Il est nécessaire d'abord que la température de trempe soit au moins égale à la température de transformation. (En pratique, on adoptera une température de 25 à 50 degrés supérieure à ce point de transformation). Il faut bien noter que la transformation qui se produit lorsqu'on chauffe l'alliage ne se fait pas subitement : plus la température est élevée au-dessus du point de transformation plus rapide est la transformation. En effet, la vitesse avec laquelle se produit une transformation, à une température déterminée est d'autant plus grande que la température absolue considérée est plus élevée et que cette température est plus distante du point de transformation. Mais il ne faut pas perdre de vue que, plus la température à laquelle est chauffé le métal est élevée, plus il y a généralement tendance à la production de gros cristaux qui entraînent de la fragilité. Industriellement, il faudra éviter les températures trop voisines du solidus.

Rarement on aura avantage à tremper à une température beaucoup plus élevée que la température de transformation.

2° Le temps de chauffage

Ce facteur influe dans le même sens que la température. En effet, à température constante, pourvu bien entendu qu'elle soit supérieure au point de transformation, plus le temps de chauffe est long, plus la transformation tend à être entière et la solution solide formée à être homogène. Nous verrons plus loin une application des plus intéressantes de ce principe.

3° Le bain de trempe

Du bain de trempe dépend la vitesse de refroidissement, laquelle influe nettement sur le résultat de la trempe; c'est d'elle, en effet, que dépend la plus ou moins complète conservation de l'état qui existe à la température de trempe.

Le bain de trempe peut agir par sa température, par sa masse et par sa nature.

Par sa température: plus elle sera basse, plus le refroidissement sera rapide.

Par sa masse: il est de toute évidence que si la température initiale du bain a une influence, la température finale c'est-à-dire celle qu'il possède lorsqu'il y a équilibre de température entre lui et la pièce, joue aussi un rôle important. La trempe dans un grand ou dans un faible volume d'eau à même température ne conduit pas au même résultat.

Par sa nature: si l'échauffement du bain provenant de l'immersion de la pièce produit facilement des vapeurs qui peuvent protéger la pièce contre le refroidissement, le bain sera peu actif, bien que, cependant, ces vapeurs occasionnent un mouvement dans le bain et par conséquent favorisent la trempe.

Enfin la plus ou moins grande conductibilité du bain influe considérablement.

En effet, c'est elle qui détermine, en partie du moins, les lois qui président à l'échange de température entre le bain et la pièce.

Mais il est toutefois un autre coefficient dont M. Henry le Chatelier a montré récemment (Revue de Métallurgie, 1904) toute l'importance: c'est la chaleur spécifique.

Ce savant a déterminé la vitesse avec laquelle un acier de forme et de poids déterminés, passe de 700 degrés à 100 degrés,

lorsqu'on le plonge dans un bain de trempe déterminé. Il a démontré ainsi que le mercure à 20 degrés est un bain moins actif que l'eau à 20 degrés. Le fait s'explique par la chaleur spécifique du mercure qui est inférieure à celle de l'eau à + 20 degrés. En effet, plus la chaleur spécifique du liquide est élevée, plus il faut que le métal abandonne de calories pour élever la température du bain d'un même nombre de degrés et plus par là même ce dernier est actif.

Des importantes recherches de M. Henry le Chatelier, il faut encore retenir diverses conclusions :

1° Les différentes solutions aqueuses de sel marin, d'acide sulfurique et de soude donnent la même vitesse de refroidissement que l'eau.

2° L'agitation de l'eau, tant qu'on n'emploie pas de moyens mécaniques très puissants, ne semble pas avoir d'influence notable sur la rapidité du refroidissement.

3° L'échauffement de l'eau servant de bain de trempe, ralentit d'abord faiblement la vitesse de refroidissement, et d'une façon bien plus marquée quand on arrive à 100 degrés.

4° La trempe au plomb, à l'étain, etc., donne un refroidissement beaucoup plus lent que l'eau.

5° La trempe à l'huile diffère peu de celle de l'eau bouillante.

En somme, toutes les recettes bizarres qui ont été indiquées pour la confection des bains de trempe, n'ont pas d'autre but que de faire passer le métal de la température de transformation à une température à laquelle elle ne peut plus se produire, et cela avec une vitesse plus ou moins grande.

Il serait absolument impossible d'entrer dans le détail de ces recettes innombrables.

Nous venons d'esquisser la théorie générale de la trempe, et nous avons examiné rapidement l'influence des différents facteurs.

Nous étudierons maintenant quelques applications avec les aciers ordinaires, les aciers spéciaux et divers alliages de cuivre.

III

APPLICATION DE LA THÉORIE DE LA TREMPE AUX ALLIAGES INDUSTRIELS

Nous distinguerons ici les trois cas que nous avons indiqués plus haut :

A. — Trempe d'alliages présentant des points de transformation ;
B. — Trempe d'alliages ne présentant pas de points de transformation faites au-dessous du solidus ;
C. — Trempe d'alliages faite entre le liquidus et le solidus au-dessus du liquidus.

Le premier cas est de beaucoup le plus fréquent et mérite d'être étudié avec détails. Il s'applique à de très nombreux alliages, parmi lesquels nous n'envisagerons que ceux présentant un intérêt industriel. Ce sont :

Les aciers ordinaires ; les aciers spéciaux et les alliages ferrométalliques ;
Les bronzes. — Alliages cuivre-étain ;
Les bronzes d'aluminium. — Alliages cuivre-aluminium ;
Les alliages cuivre-silicium ;
Les alliages plomb-antimoine ;
Les alliages étain-antimoine.

Il faut citer parmi les alliages peu intéressants pour l'industrie :
Les alliages cuivre-antimoine.

A. — Trempe d'alliages présentant des points de transformation.

Aciers ordinaires.

La trempe des aciers est connue depuis les temps les plus reculés et, comme l'a fait remarquer M. Osmond dans le mémoire qu'il a présenté en 1889 au Congrès de métallurgie, la

trempe classique dans l'eau à la température ordinaire remonte certainement aux premiers débuts de la sidérurgie et se rattache aux légendes mythologiques. Virgile indique dans les *Géorgiques*

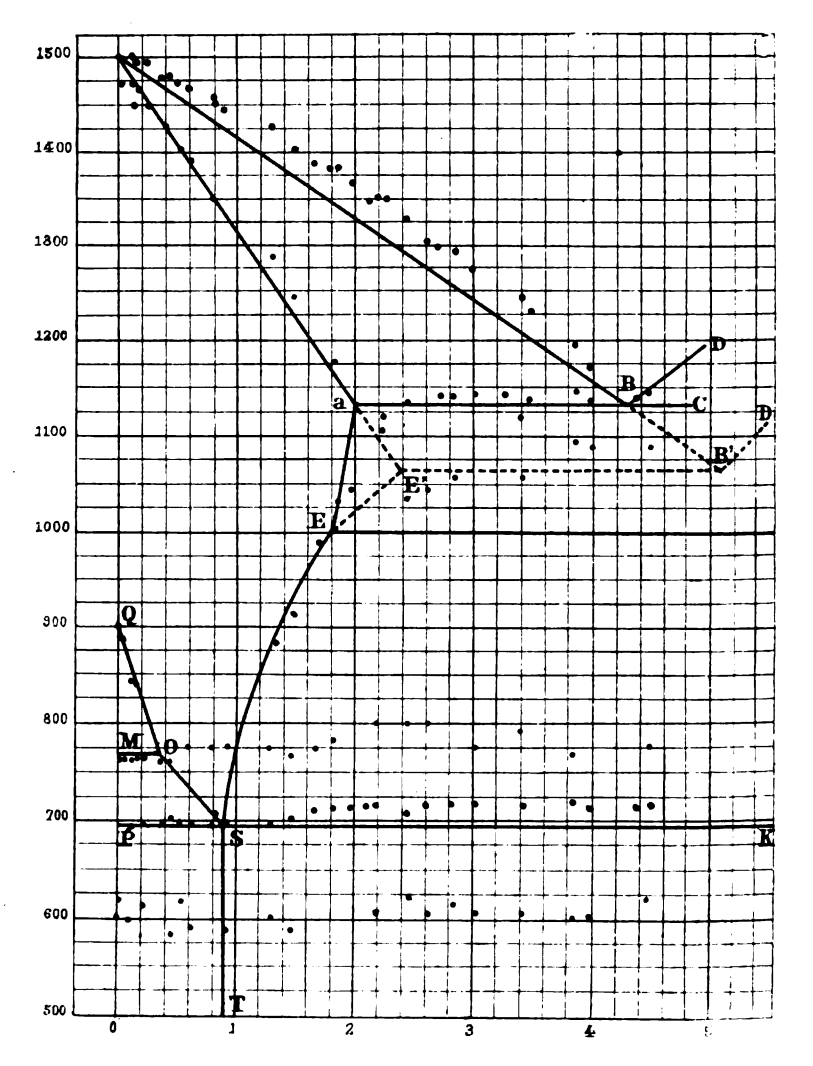


Fig. 13. Diagramme des Alliages Fer-Carbone D'apres Roozeboom et Carpenter et Keeling.

que les Cyclopes la pratiquaient. L'on connait depuis fort longtemps l'influence de la qualité des eaux; Shakspeare indique que l'épée d'Othello a été trempée dans les ruisseaux glacés.

Dans la communication que je vous ai faite l'an dernier sur les aciers à outils à coupe rapide, je vous ai parlé des transformations subies par les aciers ordinaires pendant la trempe. Je rappellerai qu'elles sont de deux sortes : les transformations allotropiques du fer, la dissolution de la cémentite. Le diagramme des alliages fer-carbone n'est pas encore entièrement déterminé. Les études récentes, notamment celles de MM. Carpenter et Keeling, ont précisé certains points du premier tracé donné par Roberts-Austen et revu par Roozeboom. Le résultat d'une bonne trempe dans une petite pièce doit être la production de martensite *(fig. 1 et 2, Pl. 127)*. Celle-ci correspond à l'état situé au-dessus de la ligne Q O S E *(fig. 13)*.

On voit ainsi tout de suite la variation que doit subir la température de trempe avec la teneur en carbone de l'acier.

On doit s'écarter peu des températures indiquées par cette ligne, sans cela, la martensite devient grossière (probablement parce que mélangée de fer) et la dureté de l'acier diminue.

Si l'on trempe à une température un peu inférieure, il se forme un constituant spécial, la troostite, dont je vous ai parlé précédemment *(fig. 3, Pl. 127)*.

De nombreuses discussions se sont élevées pour savoir quelles étaient les causes de la trempe de l'acier. Sans entrer dans le détail de ces polémiques qui n'ont pas toujours été courtoises, surtout en Angleterre, je veux les résumer très brièvement et montrer que les deux fameuses écoles, l'une des *allotropistes*, surtout française, l'autre des *carbonistes*, particulièrement anglaise, n'étaient pas aussi antagonistes qu'on le croit généralement.

Remarquons d'abord que les allotropistes ne nient pas l'action du carbone, ils savent parfaitement que la martensite est une solution solide dont les propriétés varient avec la teneur en carbone.

Les carbonistes — s'il en existe encore, ce qui est fort douteux, leur chef M. Arnold, professeur à Sheffield, ayant abdiqué, fort habilemement d'ailleurs (1) — prétendent que le carbone a l'influence prépondérante, sans nier cependant que les formes allotropiques du fer agissent.

En réalité, dans les aciers ordinaires, c'est-à-dire les alliages fer-carbone impurs, le carbone a évidemment une très grande

(1) Voir la *de Revue Métallurgie*, II, 1905, p. 900.

influence sur les propriétés mécaniques; mais cela parce que la trempe amène le fer, du moins partiellement, sous une forme allotropique dans laquelle le carbone est soluble. Mais les transformations allotropiques du fer jouent bien un rôle prépondérant dans la trempe de l'acier, puisque ce sont elles qui permettent d'avoir le carbone en solution.

D'ailleurs, si l'on n'admet pas cette influence, comment expliquer que les aciers au nickel contenant moins de 7 0/0 de nickel, par exemple, ne renfermant que des traces de carbone, prennent la trempe d'une façon si intense.

Ici, nous supposons que la pièce est assez petite, le bain de trempe assez actif pour que la transformation en martensite soit générale.

Industriellement parlant, il en est rarement ainsi et cela soit à cause du volume des pièces qui fait que la vitesse de refroidissement n'est pas aussi rapide dans toute la masse métallique, soit à cause de la nature du bain de trempe qui diminue cette vitesse de refroidissement (bain d'huile, par exemple).

On trouve alors de la martensite sur les bords, puis de la troostite et de la sorbite.

Et l'acier — s'il est assez carburé — est, dans ce cas, peu fragile et peu dur, tandis qu'il possédait une dureté et une fragilité énormes, lorsque la trempe l'avait rendu martensitique.

On s'est demandé comment expliquer, dans ce cas des grosses pièces, les transformations apportées par la trempe dans les propriétés mécaniques.

M. André Le Chatelier, qui s'est occupé le premier de la question, M. Grenet qui l'a reprise tout dernièrement, admettent que ces transformations sont dues, non pas à la conservation, à la température ordinaire, d'états spéciaux du carbone ou du fer, mais au retour, se faisant à basse température dans un métal solide, de ces états stables à chaud à l'état normalement stable à froid, c'est-à-dire en un mot, du passage de l'état martensitique à l'état perlitique.

Or, ces transformations sont accompagnées d'un changement de volume considérable; elles doivent produire un écrouissage et agir, de par là même, sur les propriétés mécaniques.

Cette théorie semble des plus justes; en effet, il a été démontré par MM. Charpy et Grenet que la trempe, ainsi que nous l'envisageons actuellement, ne modifie pas le coefficient de dilatation et la résistance électrique; enfin, M. Bénédicks considère la

troostite, constituant caractéristique des aciers ainsi trempés, comme renfermant de la cémentite colloïdale.

M. Henry Le Chatelier a proposé une interprétation du phénomène autre que celle de l'écrouissage du fer doux emprisonné entre les lamelles de cémentite; ce savant pense que les tensions superficielles existant au contact des corps différents formant l'agrégat qu'est la troostite, seraient suffisantes pour expliquer les propriétés du métal trempé. « A ce point de vue, dit M. Henry Le Chatelier, la différence de dureté entre l'acier trempé et l'acier recuit serait de même nature que la différence de fluidité observée entre des liquides de nature différente simplement superposés ou intimement mélangés à l'état d'émulsion. »

Aciers spéciaux.

Lorsqu'on envisage, comme je l'ai fait ici même, la question des aciers spéciaux, autrefois si complexe, on voit que ces alliages se ramènent à un nombre très restreint de types, d'après leur structure. — Ce sont :

Les aciers perlitiques;
Les aciers martensitiques;
Les aciers à troostite;
Les aciers à fer γ;
Les aciers à carbure;
Les aciers à graphite.

Ce sont là les types à structure relativement simple; mais on peut trouver des structures plus complexes, telles que, par exemple, martensite, fer γ et carbure dans les aciers nickel-vanadium.

Je n'insiste pas sur les constituants des aciers spéciaux et je renvoie à un des mémoires que j'ai déjà présentés à la Société.

Voyons comment nous pouvons raisonner sur ces divers aciers :

Notons de suite que l'addition d'un ou plusieurs corps étrangers à un alliage fer-carbone modifie la position des points de transformation de cet alliage, soit qu'il les abaisse (nickel, manganèse, etc.), soit qu'il les élève (silicium, aluminium, vanadium).

Il suffit donc de déterminer les points de transformation pour savoir quelles modifications on doit apporter dans le trai-

tement. On maintiendra toujours la température de trempe de 25 à 50 degrés supérieure au point correspondant à la transformation que l'on veut produire.

Mais le renseignement donné par le point de transformation est souvent insuffisant (par exemple, dans les aciers au vanadium à carbure).

En raisonnant sur la structure, on aura un renseignement toujours utile, parfois nécessaire.

Un acier perlitique, trempé un peu au-dessus de son point de transformation dans les mêmes conditions que les aciers au carbone, devient martensitique. Ses propriétés sont modifiées comme celles des aciers au carbone ; mais ici l'élément ou les éléments étrangers interviennent pour agir dans le même sens que le carbone, c'est-à-dire qu'ils augmentent la charge de rupture et la limite élastique. Parmi les corps essayés, le vanadium est assurément celui qui a le plus d'action à ce sujet.

Un acier martensitique *(fig. 4 et 5, Pl. 127)* est un acier quasi trempé. La trempe, quelle que soit sa température, ne peut produire qu'un constituant, le fer γ. Il y aura donc, d'après les propriétés connues de ce constituant, un adoucissement dans les propriétés de l'acier, la charge de rupture et la limite élastique diminueront. La transformation de la martensite en fer γ sera d'autant plus importante que la température de trempe sera plus élevée.

Les aciers à troostite sont transformés par trempe en aciers martensitiques. Ceci était d'ailleurs bien évident, la troostite étant le constituant caractéristique des aciers trempés à trop basse température.

Un acier à fer γ ne peut être modifié par trempe *(fig. 6. Pl. 127)*, puisque ce constituant forme l'ultime terme que l'on puisse obtenir par ce traitement.

Exception toutefois pour les aciers dont j'ai parlé dans une autre communication, qui sont sur la limite des aciers martensitiques *(fig. 7, Pl. 127)*.

Le graphite ne se modifiant pas par trempe, les aciers renfermant du graphite ne voient pas changer ce constituant. Restent les aciers à carbure, ce sont les plus complexes. Les aciers, qui contiennent un carbure quelconque, renferment un autre constituant. Le plus souvent (chrome, tungstène, molybdène, etc.), ils sont formés d'un fond de sorbite et de grains de carbure. Quelquefois (vanadium, bore) ils sont constitués de ferrite et de carbure.

Voyons avant tout ce que deviendra le carbure ; deux cas peuvent se produire : ou le carbure peut se dissocier ou se dissoudre à une certaine température comme le fait la cémentite ordinaire (c'est le cas le plus général, chrome, tungstène, molybdène), ou le carbure ne peut se dissocier et se dissoudre quelle que soit la température à laquelle est porté l'acier jusqu'à son point de fusion (vanadium).

Il est bien évident que, dans le premier cas, la trempe, ayant lieu à une température supérieure à celle pour laquelle a lieu la disparition du carbure, maintiendra ce carbure à l'état de dissolution ou de dissociation, et cela totalement ou partiellement, suivant que la transformation avant trempe aura été complète ou partielle et que la vitesse de refroidissement aura été assez grande *(fig. 9 à 13, Pl. 127)*.

L'expérience montre que, dans ce cas, il y a toujours formation de martensite, le fond, qui est de la sorbite, donnant aussi ce constituant. L'acier acquiert alors une remarquable dureté.

Dans le cas d'un acier à carbure qui ne peut se transformer quelle que soit la température à laquelle on le porte, la trempe ne peut jamais le modifier.

C'est le cas des aciers au vanadium et au bore *(fig. 8, Pl. 127)*.

Revenons sur le cas de l'acier à carbure qui se transforme lorsqu'on le chauffe. Cette transformation — dissolution ou dissociation du carbure, peu importe — commence à une certaine température T.

Elle augmente toujours lorsque la température croît au-dessus de T ou avec le temps de chauffage, jusqu'à être complète.

De cette sorte, on peut donc activer la transformation du carbure, soit en chauffant à une température bien supérieure à T, soit dans le voisinage de T, mais pendant un temps très long.

C'est ainsi qu'avec les aciers à coupe rapide dont je vous ai parlé l'an dernier, qui contiennent un carbure triple de fer-chrome et tungstène, parfois un carbure quadruple de fer-chrome-tungstène et molybdène, on peut, pour arriver au bon traitement, c'est-à-dire faire disparaître le carbure et produire une martensite très fine, soit chauffer à très haute température vers 1 200 et 1 300 degrés pendant peu de temps, soit chauffer à 850 degrés pendant longtemps, ainsi que je viens de le montrer dans une étude sur ces aciers.

Vous voyez, Messieurs, comment, en utilisant la voie micrographique, on peut arriver à connaître, *a priori*, les conséquences du traitement de la trempe sur les aciers spéciaux.

Bronzes. — Alliages de cuivre et d'étain.

MM. Heycock et Neville ont tracé le diagramme extrêmement complexe des alliages cuivre-étain. M. Shepherd y a apporté tout dernièrement de petites modifications. Je me bornerai à étudier les conséquences de ce diagramme pour les alliages industriels.

On sait que les alliages de cuivre et d'étain utilisés dans les constructions mécaniques renferment généralement plus de 22 0/0 d'étain. Les bronzes contenant entre 8 et 12 0/0 d'étain sont particulièrement résistants au choc, tandis que les alliages contenant de 16 à 22 0/0 d'étain donnent de bons résultats au frottement, leur dureté croissant avec la teneur en étain.

Comme le montre le diagramme d'Heycock et Neville, les bronzes renfermant moins de 8 0/0 d'étain sont formés d'une même solution solide, la solution α, et cela quelle que soit la température. Ils ne présentent pas de point de transformation. Au contraire, les alliages contenant entre 8 et 22 0/0 d'étain en présentent de très nets : ils sont formés de la solution α et de la solution δ (dont la composition est très voisine de Cu^4Sn) lorsqu'ils sont refroidis lentement.

Au-dessus de 500 degrés, ils renferment toujours la solution α, mais en présence d'une autre solution β.

Si donc, d'après la théorie que nous avons indiquée, nous trempons l'un de ces bronzes à une température supérieure à 500 degrés et inférieure au solidus, nous produisons une transformation intermoléculaire : ces alliages prennent la trempe.

Nous avons voulu examiner l'influence que pouvait avoir la trempe sur les propriétés mécaniques de ces bronzes, et voici les résultats que nous avons obtenus :

TYPE I

Cu = 79; Sn = 21.

TEMPÉRATURE DE TREMPE	R	E	A 0/0
Non trempé.	20,0	5,5	0
550	38,6	12,2	2,8
650	38,3	11,1	0,7
700	35,8	21,2	2,9
750	35,2	23,2	1,5

TYPE II

Cu = 84; Sn = 16.

TEMPÉRATURE DE TREMPE	R	E	A 0/0
Non trempé.	25,0	4,7	1,4
300	22,0	?	0
400	24,4	?	0
500	19,4	5,6	1,4
550	40,1	10,1	5,9
600	42,6	?	3,6
650	36,3	?	1,4
700	34,4	?	2,9
750	29,6	?	5,0

TYPE III

Cu = 87; Sn = 13.

TEMPÉRATURE DE TREMPE	R	E	A 0/0
Non trempé.	24,1	13,7	3
500	21,7	14,0	3
550	23,7	?	5
600	28,0	10,5	10
650	28,0	8,4	9
700	28,0	10,4	13
750	30,5	?	19
800	25,4	8,4	9

TYPE IV
$Cu = 91 ; Sn = 59.$

TEMPÉRATURE DE TREMPE	R	E	A 0/0
Non trempé.	25,4	10,3	16,5
400	18,4	10,5	14,0
500	18,4	10,5	11,5
600	25,0	9,2	23,5
700	25,0	10,5	23,5
800	20,7	7,1	30,0
900	3,9	3,9	2,0

On voit l'importance très grande de la trempe sur les propriétés mécaniques de ces alliages *(fig. 14 à 17)*.

On remarquera que le phénomène commence bien pour tous les alliages à 500 degrés, mais que le meilleur effet est obtenu à une température un peu supérieure. Cela provient de ce que, à cette température, la transformation est plus complète; le même résultat aurait pu être probablement acquis en trempant à 500 degrés, mais en prolongeant le temps de chauffe.

Au delà d'une certaine température, les effets de la trempe deviennent nuisibles; cela doit être attribué à un chauffage à trop haute température qui entraîne la cristallisation du métal.

Enfin, je dois attirer l'attention sur le point suivant : un bon bronze à frottement est formé de $\alpha + \delta$; par trempe, on substitue à δ le corps constituant β. D'après les expériences que nous avons faites, un bronze à frottement trempé est très mauvais pour le frottement; il devient passable pour les pièces soumises à des chocs.

BRONZES D'ALUMINIUM. — ALLIAGES DE CUIVRE ET D'ALUMINIUM.

On sait que l'industrie utilise deux sortes d'alliages cuivre-aluminium; les uns, très riches en cuivre ($Cu > 90$ 0/0) qui possèdent une belle couleur or et offrent une résistance mécanique bien supérieure à celle du cuivre, et les alliages très riches en aluminium ($Cu < 7$ 0/0) que l'on emploie aux lieu et place de l'aluminium, parce qu'ils sont plus faciles à travailler que l'aluminium, bien que leurs densités s'écartent peu de celles de ce métal.

Nous avons tracé, il y a quelques mois, le diagramme complet de ces alliages. De ce diagramme il résulte que seuls les alliages contenant entre 8,6 et 15,5 d'aluminium possèdent des points de transformation.

Ce sont les seuls qui soient susceptibles de prendre la trempe,

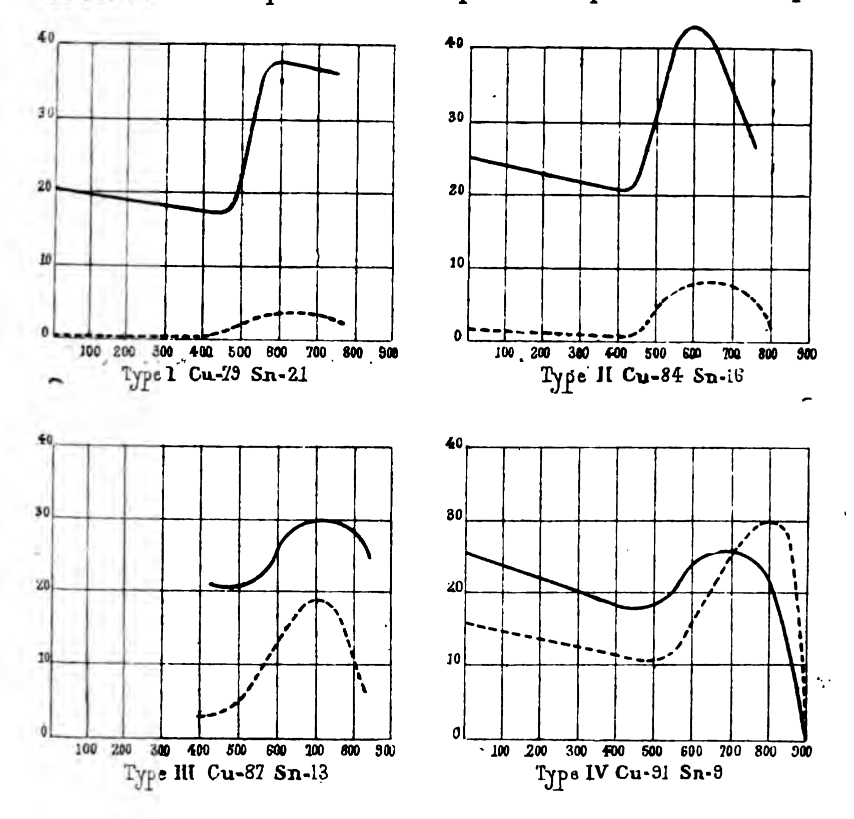


Fig. 14 à 17. Influence de la trempe sur les Bronzes Ordinaires
——— Charge de rupture
-------- Allongements %

du moins au point de vue que nous envisageons actuellement.

Il y a une particularité sur laquelle je tiens à insister :

Tout d'abord, ces alliages présentent, tous, deux points de transformation : le deuxième se trouve à la même température, quelle que soit la composition; le premier s'abaisse quand l'aluminium croît; il va de 500 à 450 degrés.

Ces alliages se séparent en deux groupes :

1° Ceux contenant de 8,6 à 11,8 d'aluminium; ils sont formés des constituants α et β au-dessous d'environ 500 à 470 degrés,

de $\alpha + \gamma$ entre ces températures et 750 degrés et de γ pur au-dessus de 750 degrés;

2° Ceux contenant de 11,8 à 15,5 d'aluminium; ils sont formés de $\beta + \delta$ au-dessous de 470 à 450 degrés, de $\beta + \gamma$ entre ces températures et 750 degrés, et de γ pur au-dessus de 750 degrés.

Il est fort difficile de préparer un métal sain renfermant plus de 8 0/0 d'aluminium. Aussi est-il délicat de se rendre compte de l'influence de la trempe sur les propriétés mécaniques.

Voici toutefois les résultats que nous avons obtenus sur un échantillon :

Alliage de composition; Cu = 89,1; Al = 10,1; non dosé = 0,8.

TRAITEMENTS	CHARGE DE RUPTURE par millimètre carré	ALLONGEMENTS 0/0
Brut de coulée. . . .	24,9	20,0
Trempé à 750 degrés.	33,9	17,5
— 850 —	35,3	7,0

La charge de rupture croît, les allongements décroissent, comme pour les aciers.

Quant aux changements apportés dans la microstructure, ils sont mis en vue par une suite de micrographies qui montrent bien l'influence de la température *(fig. 18 à 22, Pl. 127)*.

ALLIAGES PLOMB-ANTIMOINE.

Ces alliages ont une importance industrielle de premier ordre; ils sont utilisés pour la confection des plaques d'accumulateurs, pour la fabrication des balles, pour la préparation des caractères d'imprimerie, enfin ils servent d'antifriction.

M. Dubosc a montré que les alliages plomb-antimoine renfermant entre 3 et 7 0/0 d'antimoine présentent un point de transformation à 180 degrés. La dureté des alliages augmente nettement par ce traitement. L'examen micrographique, auquel nous nous sommes livré sur ces alliages, ne nous a donné aucun résultat bien précis sur les transformations apportées par la trempe dans la constitution. Il n'en est pas moins vrai qu'au point de vue industriel, le résultat obtenu peut être très intéressant.

Alliages étain-antimoine.

M. Reinders a montré que certains alliages étain-antimoine (ceux contenant entre 20 et 50 0/0 d'antimoine) présentent trois points d'arrêt pendant leur refroidissement. Ils ont donc des points de transformation. Toutefois, nous ne connaissons aucune étude faite sur les modifications apportées dans les propriétés de ces alliages par la trempe.

Nous n'insisterons pas sur les alliages cuivre-antimoine qui n'ont pas d'applications importantes.

B. — Trempe d'alliages ne présentant pas de points de transformation à température au-dessous du « solidus ».

Nous avons déjà signalé que certains alliages, ne présentant pas de point de transformation, peuvent prendre la trempe bien que la température de trempe soit inférieure au *solidus*.

Deux cas peuvent se présenter; nous les étudierons successivement :

Premier cas. — *Alliages formés par une solution hétérogène.*

En définissant la solution solide, nous avons dit que sa caractéristique était d'avoir une composition pouvant varier entre certaines limites.

C'est ainsi que la solution α des laitons peut renfermer de 63 à 100 0/0 de cuivre, que la solution α des bronzes peut contenir de 0 à 8 0/0 d'étain. On conçoit donc qu'un bronze renfermant en moyenne 5 0/0 d'étain et qui, par là même, est formé de la solution α, contiennent en un endroit 8 0/0 d'étain et en un autre 2 0/0 d'étain. Il sera donc hétérogène.

Le microscope l'indique d'ailleurs nettement, certains endroits de la solution se colorent plus aisément que d'autres sous l'influence des réactifs *(fig. 15, Pl. 127)*.

Si l'on réchauffe un tel alliage, à une température assez élevée bien qu'inférieure au *solidus*, on peut rendre homogène la solution, et si l'on vient à la tremper, on maintient cette homogénéité *(fig. 14, Pl. 127)*.

Dans ce cas, l'influence de la trempe sur les propriétés mécaniques peut être considérable.

J'en citerai deux exemples relatifs à un bronze ordinaire (cuivre-étain) et à un bronze d'aluminium.

Un bronze Cu = 95; Sn = 5 a donné :

TRAITEMENT	CHARGE DE RUPTURE par millimètre carré	ALLONGEMENTS 0/0
Brut de coulée. . . .	19,2	20,0
Trempé à 300 degrés .	24,0	27,5
— 450 —	24,6	27,0
— 550 —	23,4	28,0
— 600 —	21,0	27,0
— 650 —	19,3	25,0
— 700 —	19,3	20,0
— 750 —	19,2	22,0
— 800 —	6,7	3,0

Si l'on rapproche ces résultats de ceux déjà signalés sur les autres bronzes, on voit que l'influence se fait sentir ici à température bien plus basse.

Voici quelques essais sur bronzes d'aluminium formés de la solution α :

TEMPÉRATURES de TREMPE	I Cu = 97,00; Al = 3,01				II Cu = 94,88; Al = 5,04				III Cu = 93,13; Al = 6,75			
	R	A °/°	Choc	Dureté	R	A °/°	Choc	Dureté	R	A °/°	Choc	Dureté
Non trempé.	20,9	36,0	48	58	22,6	41,0	46	61	24,7	49	34	61
300 degrés.	19,1	37,0	49	58	23,7	46,0	46	58	24,1	52	35	61
400 —	19,1	37,5	48	54	25,0	66,0	44	61	20,7	70	35	58
500 —	19,7	53,5	53	54	25,0	68,0	50	58	28,2	62	36	61
600 —	26,4	61,5	52	54	25,0	58,5	52	54	27,2	63	34	61
700 —	19,3	43,0	48	54	25,0	64,0	53	54	27,8	66	35	61
800 —	18,4	44,0	47	54	25,6	79,0	56	50	26,1	63	36	61
900 —	16,2	38,0	40	50	22,4	54,0	48	50	25,4	54	32	61

TEMPÉRATURES de TREMPE	I Cu = 91,95; Al = 8,03				II Cu = 92,23; Al = 8,45			
	R	A °/o	Choc	Dureté	R	A °/o	Choc	Dureté
Non trempé.	46,2	43,5	30	95	43,2	54,0	32	61
300 degrés.	51,15	42,5	32	91	42,2	54,0	42	61
400 —	44,8	34,5	34	88	41,6	68,0	50	61
500 —	47,8	38,0	36	83	42,2	63,0	54	58
600 —	47,8	43,0	36	75	48,8	49,0	36	58
700 —	49,5	45,5	34	61	42,2	62,5	34	58
800 —	46,2	46,0	36	61	46,7	61,0	33	58
900 —	44,2	53,0	33	63	40,2	64,0	34	58

On voit que dans le cas considéré, la température de trempe étant bonne, il y a amélioration très sensible des qualités de l'alliage.

On pourrait penser que tous les alliages formés par les solutions solides (et c'est là la constitution la plus fréquente) présentent cette hétérogénéité à un degré plus ou moins prononcé. Il n'en est rien.

Beaucoup de solutions solides ne présentent aucune tendance à la ségrégation, et ce ne sont pas, au contraire de ce que l'on pourrait croire, les solutions solides dont la composition varie entre les limites les plus éloignées qui donnent des produits hétérogènes. C'est ainsi, par exemple, que les laitons purs sont généralement homogènes. Dans le cas d'homogénéité, la trempe n'a pas d'action.

C. Trempe faite à une température supérieure au solidus.

Ceci est un cas tout à fait général. A chaque fois que l'on trempe un alliage à une température supérieure au solidus, une partie de l'alliage étant à l'état liquide au moment de la trempe, donne une texture extrêmement fine. Si l'on trempe à une température supérieure au liquidus, tout l'alliage a cette texture.

On obtient industriellement cette constitution, lorsqu'on coule un alliage dans un moule très froid; on peut, par exemple, l'avoir lorsqu'on coule de l'antifriction comme garnissage de coussinet, ou dans les produits coulés en coquilles.

Pour étudier l'influence d'une telle trempe, je prendrai l'exemple très frappant des antifrictions.

La plupart de ces alliages sont composés d'étain, plomb, antimoine, ou d'étain, cuivre, plomb, antimoine *(fig. 22 à 30, Pl. 127)*.

Ils sont constitués par un eutectique et des cubes de la combinaison SbSn, à laquelle il faut ajouter, dans le cas du cuivre, le composé Cu^3Sn, qui se présente en aiguilles. Si les alliages sont refroidis lentement, les cristaux sont bien développés; si le refroidissement est rapide, ils ne peuvent se développer; parfois même ils sont à l'état de squelettes, les bords sont nettement indiqués, mais l'intérieur est rempli d'eutectique.

Si, enfin, la vitesse de refroidissement est telle que partie ou totalité soit passée de l'état liquide à l'état solide brusquement, on a une texture extrêmement grenue qui ne rappelle en rien la structure de l'alliage refroidi lentement.

Or, si l'on veut bien noter que les cristaux (SbSn ou Cu^3Sn) constituent les parties qui s'opposent à l'usure, on conçoit aisément l'importance du traitement sur de tels alliages; il faut évidemment couler à température modérée dans un moule qui ne soit pas très froid. Il faut, cependant, éviter un refroidissement trop lent, sans quoi les cristaux SbSn, plus légers que l'eutectique, remontent à la surface.

Nous rappellerons encore l'exemple des alliages cuivre-plomb, que nous avons déjà cités, et nous insisterons sur les bronzes à haute teneur en plomb qui donnent dans certains cas de très bons résultats comme bronzes à frottement.

Lorsque, dans un bronze à 84 0/0 de cuivre, on introduit 8 0/0 de plomb, on aperçoit une légère ségrégation, le plomb se portant à la périphérie.

Si la teneur en plomb croît, la ségrégation augmente. Or, on a lancé en Amérique des bronzes à haute teneur en plomb (ils en renferment environ 30 0/0) et qui sont à peu près homogènes. A quoi cela est-il dû ?

Un premier moyen a été indiqué par MM. Hendrickson et Clamer; il consiste dans l'addition de 1 0/0 de nickel. Ce métal, qui fond à très haute température, provoque la solidification d'une partie de l'alliage, laquelle enserre en quelque sorte le plomb qui est encore à l'état liquide et le fixe à une place déterminée, empêchant la ségrégation.

J'ai montré l'an dernier, dans une communication à la Section française des Méthodes d'Essais, que ce rôle du nickel ne paraît

pas très efficace et qu'en tous les cas, il peut être remplacé par un refroidissement brusque qui produit le même effet que dans les alliages cuivre-plomb.

J'ai passé, Messieurs, en revue les différents cas qui se présentent dans la trempe. J'ai voulu avant tout vous montrer la généralisation de ce traitement et vous faire voir de quelles considérations découlent la théorie de la trempe qui, à peine appliquée de nos jours aux produits sidérurgiques, ouvre des horizons remarquables à l'industrie, lorsqu'on envisage les autres alliages.

Pour être complet, je devrais vous parler des autres traitements thermiques : trempe et recuit. Ceci m'entraînerait trop loin et fera l'objet d'une autre communication.

Permettez-moi, en terminant, de noter que si pendant longtemps la métallurgie s'est tenue à l'écart de toutes considérations théoriques elle paraît, durant ces dernières années, marcher à pas rapides dans la voie scientifique.

Dans le remarquable rapport qu'il a présenté au Congrès de Chimie de Rome, M. Osmond rappelait qu'en 1870, Julien, un précurseur trop peu connu, pouvait dire sans paradoxe que la métallurgie et avec elle la verrerie, la céramique, la teinture, la fabrication et l'emploi des ciments, formaient le *crassier* de la nomenclature de Lavoisier. « Mais, ajoute M. Osmond, le crassier d'aujourd'hui peut devenir, comme il est arrivé pour les scories phosphatées du procédé Thomas, les minerais de demain et la métallurgie aussi est sortie de la condition inférieure et humiliée où Julien s'indignait de la trouver.

« La victoire a été le prix d'une alliance de plus en plus consciente avec la Chimie physique. »

C'est cette alliance — pour laquelle a tant fait notre savant compatriote — que j'ai voulu vous faire entrevoir ce soir, avec quelques-unes de ses importantes conséquences industrielles.

REPRÉSENTATION DU FONCTIONNEMENT

DES

GAZOGÈNES A GAZ PAUVRE

PAR

H. SIRE DE VILAR

Nous nous proposons, dans cette étude, d'établir les principales formules relatives au fonctionnement d'un gazogène à gaz pauvre, et de montrer comment la discussion de ces formules nous a conduit à un procédé de représentation graphique analogue aux représentations graphiques de la thermodynamique, ou encore aux caractéristiques de Marcel Deprez pour les machines dynamo-électriques.

1. — Réactions se produisant dans le foyer d'un gazogène.

Dans une première approximation, nous supposerons que le combustible employé est un combustible ne contenant pas de matières volatiles et pas de cendres, c'est-à-dire du coke ou du charbon de bois purs.

Le gaz que l'on obtient dans ces conditions est un mélange d'anhydrique carbonique, d'oxyde de carbone, d'hydrogène et d'azote. L'on peut admettre que les réactions qui se produisent dans le foyer sont les suivantes :

x/... $C + O = CO$, qui dégage 29,4 calories par molécule,

y/... $H^2O = H^2 + O$, qui absorbe 58,2 cal., si H^2O est à l'état de vapeur ;

et 69,0 cal., si H^2O est à l'état liquide ;

z/... $C + O^2 = CO^2$ qui dégage 97, 6 calories.

Les gaz obtenus avec un tel combustible diffèrent entre eux par les proportions dans lesquelles chacune des réactions précédentes entre dans la réaction résultante.

D'une manière générale, soient x, y et z ces proportions. La réaction résultante sera :

$$(x+z)\,C + (x+2z-y)\,O + y\,H^2O = xCO + yH^2 + zCO^2 \quad (1)$$

2. — Composition en volume du gaz produit.

Nous désignerons par v le volume moléculaire, c'est-à-dire 11,16 litres, si le poids moléculaire est exprimé en grammes.

Le volume d'oxygène entrant en jeu dans la réaction (1) est :

$$(x-y+2z)\,v.$$

L'air étant composé en volumes de 21 d'oxygène et de 79 d'azote, le volume d'azote correspondant au volume précédent d'oxygène sera :

$$\frac{79}{21}(x-y+2z)v = 3{,}76(x-y+2z)v.$$

Tout cet azote se retrouve dans le gaz produit. La composition de ce dernier sera donc :

Oxyde de carbone . .	$2xv$	$=22{,}32\,x$ litres.
Hydrogène.	$2yv$	$=22{,}32\,y$ —
Anhydride carbonique.	$2zv$	$=22{,}32\,z$ —
Azote	$3{,}76(x-y+2z)v$	$=41{,}96(x+2z-y)$ l.

Le volume total du gaz sera :

$$V_t = 2.\,(2{,}88x - 0{,}88y + 4{,}76z)\,v \quad (2)$$
$$= 64{,}4x - 19{,}4y + 106{,}6z\,,$$

3. — Volume d'air primaire.

On appelle *air primaire*, l'air nécessaire à la production du gaz par combustion incomplète.

Le volume d'air primaire se déduit du volume d'oxygène :

$$V' = \frac{100}{21}(x-y+2z)\,v = 4{,}76\,(x-y+2z)\,v \quad (3)$$
$$= 53{,}12\,(x-y+2z) \text{ litres.}$$

4. — Volume d'air secondaire.

On appelle *air secondaire*, l'air nécessaire à la combustion du gaz.

La combustion des gaz CO et H s'effectue suivant les réactions :

$$x \qquad CO + O = CO^2$$
$$y \qquad H^2 + O = H^2O$$

La combustion du gaz pauvre produit s'effectuera suivant :

$$xCO + yH^2 + (x + y)\,O = xCO^2 + yH^2O$$

L'oxygène nécessaire à la réaction est donc :

$(x + y)$ O, dont le volume est $(x + y)\,v$.

Le volume d'air secondaire est donc :

$$V' = \frac{100}{21}(x + y)\,v = 4,76\,(x + y)\,v. \qquad (4)$$
$$= 53,12\,(x + y) \text{ litres.}$$

5. — Chaleur externe des gaz.

Nous appelons *chaleur externe* le nombre de calories que dégage la formation des gaz. Ce sera :

$Q_e = 29,4x - 58,2y + 97,6z$ cal., si H^2O est à l'état de vap. (5)

$Q'_e = 29,4x - 69,0y + 97,6z$ cal., — — liquide. (6)

6. — Chaleur interne des gaz.

On appelle *chaleur interne* des gaz, le nombre de calories qu'ils dégagent par leur combustion.

La réaction

$$CO + O = CO^2$$

dégage 68,2 calories.

La réaction

$$H^2 + O = H^2O$$

dégage 58,2 calories, si H^2O reste à l'état de vapeur,
dégage 69,0 calories, si H^2O est condensé.

La combustion du gaz s'effectuant suivant la réaction :

$$xCO + yH^2 + (x + y)\,O = xCO^2 + yH^2O,$$

dégagera :

$Q_i = 68{,}2x + 58{,}2y$ cal., si H^2O reste à l'état de vapeur; (7)

$Q'_i = 68{,}2x + 69{,}0y$ cal., si H^2O est condensé. (8)

Q_i est ce qu'on appelle la *chaleur interne inférieure*, Q'_i est la *chaleur interne supérieure*. Dans tout ce qui suit, nous supposerons qu'il s'agit de cette dernière.

On vérifie que la somme de la chaleur interne et de la chaleur externe est égale à la chaleur que dégagerait le carbone entrant en réaction s'il était brûlé complètement, c'est-à-dire la *chaleur totale* :

$$Q_e = 29{,}4x - 69{,}0y + 97{,}6z.$$

$$Q'_i = 68{,}2x + 69{,}0y.$$

$$Q_e + Q'_i = 97{,}6\,(x + z) = Q_t. \qquad (9)$$

7. — Puissance calorifique.

La puissance calorifique moléculaire est la chaleur interne rapportée au volume moléculaire (ou plutôt au double du volume moléculaire $2v$).

$$N_m = \frac{68{,}2x + 69{,}0y}{2{,}88x - 0{,}88y + 4{,}76z}. \qquad (10)$$

La puissance calorifique spécifique est la chaleur interne rapportée à l'unité de volume ou litre :

$$N = \frac{N_m}{2v} = \frac{68{,}2x + 69{,}0y}{64{,}4x - 19{,}4y + 106{,}6z}. \qquad (11)$$

Dans les formules (10) et (11), nous supposons l'eau condensée.

8. — Mélange tonnant.

On appelle *mélange tonnant*, le mélange du gaz avec le volume d'air nécessaire à la combustion. La formule du mélange tonnant est donc :

Gaz : $x\text{CO} + y\text{H}^2 + z\text{CO}^2 + 3{,}76\,(x - y + 2z)\ \text{Az}.$

Air secondaire : $+ (x + y)\ \text{O} +\ 3{,}76\,(x + y)\ \text{Az}.$

soit sa composition :

Oxyde de carbone . . .	$2xv$
Hydrogène	$2yv$
Anhydride carbonique .	$2zv$
Oxygène	$2\,(x + y)\,v$
Azote	$2.\,(3{,}76)\,(x + z)\,v$

Le volume du mélange tonnant est donc :

$$V_m = 2\,(5{,}26x + 1{,}50y + 4{,}76z)\,v. \qquad (12)$$

9. — Puissance calorifique du mélange.

Le nombre de calories du mélange rapporté au volume moléculaire est :

$$M_m = \frac{68{,}2x + 69{,}0y}{5{,}26x + 1{,}50y + 4{,}76z}. \qquad (13)$$

Rapporté au litre, il sera :

$$M = \frac{M_m}{2v} = \frac{68{,}2x + 69{,}0y}{117{,}5x + 33{,}6y + 106{,}6z}. \qquad (14)$$

10. — Rendement thermique.

On appelle *rendement thermique*, le rapport entre la chaleur interne et la chaleur totale, soit :

$$\rho = \frac{Q_i}{Q_t} = \frac{68{,}2x + 69{,}0y}{97{,}6\,(x + z)}. \qquad (15)$$

11. — Poids d'eau décomposée.

La réaction (1) nous montre que y molécules d'eau, soit $18y$ g, sont décomposées pour $(x + z)$ atomes de carbone, soit $12(x + z)$ g.

Le poids d'eau décomposée par gramme de carbone sera donc :

$$p = \frac{18}{12}\frac{y}{x + z}.$$

$$= 1,5\frac{y}{x + z} \text{ grammes.} \qquad (16)$$

12. — Température des gaz.

La température des gaz peut se calculer au moyen des formules de Mallard et Le Chatelier. On doit, pour cela, faire l'hypothèse que la chaleur externe des gaz sert uniquement à élever leur température et qu'il n'y a, dans le foyer, aucune perte par rayonnement ou conductibilité.

Nous supposerons, de plus, qu'il n'y a aucune chaleur apportée par le combustible, le comburant ou l'eau dissociée. En d'autres termes, ces éléments sont à 0 degré, ou bien encore toute la chaleur qu'ils apportent est dissipée par rayonnement ou par conductibilité.

On appelle *échauffement absolu* d'un gaz la quantité de chaleur que sa molécule ($2v$) possède à une température déterminée. Cet échauffement est donné par la formule :

$$Q = a\frac{T}{1\,000} + b\frac{T^2}{1\,000^2},$$

T étant la température absolue, a et b des coefficients ayant les valeurs suivantes :

$a = 6,5$ pour tous les gaz,
$b = 2,9$ pour H^2O,
$= 3,7$ pour CO^2,
$= 6,0$ pour CH^4,
$= 0,6$ pour les gaz permanents Az^2, H^2, O^2, CO,

t désignant la température centigrade en milliers de degrés, la

chaleur externe que possède un gaz à t degrés sera la différence entre l'échauffement de — 273 degrés à t degrés et l'échauffement de — 273 degrés à 0 degré, c'est-à-dire :

$$Q_o = a(0,273) + b(0,273)^2,$$
$$Q_t = a(0,273 - t) + b(0,273 + t)^2,$$
$$Q_o^t \text{ ou } Q_e = at + bt\,(t + 0,546). \qquad (17)$$

Le gaz ayant la composition suivante :

Oxyde de carbone	CO	$2xv$
Hydrogène	H^2	$2yv$
Anhydride carbonique	CO^2	$2zv$
Azote	Az^2	$1,88(x - y + 2z).2v$

sa chaleur externe sera :

$$\begin{aligned} Q_e = {} & x[at + b(t + 0,546)t] \\ & + y[at + b(t + 0,546)t] \\ & + z[at + b_{co^2}(t + 0,546)t] \\ & + 1,88[x - y + 2z] \times [at + b(t + 0,546)t], \end{aligned}$$

b désignant le coefficient relatif aux gaz permanents (CO, H^2, Az^2), soit 0,6;

b_{co^2} désignant le coefficient relatif à l'anhydride carbonique, soit 3,7.

En remplaçant Q par sa valeur en fonction de x, y et z, (6) on aura une équation du second degré pour déterminer t :

$$\left.\begin{aligned} & (29,4x - 69,0y + 97,6z) \\ - & (19,7x - 6,01y + 34,3z)t \\ - & (1,73x - 0,53y + 5,96z)t^2 = 0 \end{aligned}\right\} \qquad (18)$$

13. — Discussion des formules précédentes.

Les formules ci-dessus ont été établies dans toute leur généralité, x, y, z pouvant avoir des valeurs quelconques.

Il est commode pour la discussion de supposer que le gaz produit provient de la combustion incomplète de 1 atome de carbone, c'est-à-dire 12 g.

En d'autres termes, nous poserons :

$$x + z = 1.$$

La relation précédente nous permet d'éliminer z de nos formules. Elles deviennent en faisant la substitution :

$$z = 1 - x.$$

Réaction résultante :

$$C + (2 - x - y)O + yH^2O = xCO + yH^2 + (1 - x)CO^2 \quad (1')$$

Composition en volumes :

Oxyde de carbone	$2xv$	$= 22{,}32x$
Hydrogène	$2yv$	$= 22{,}32y$
Anhydride carbonique	$2(1 - x)v$	$= 22{,}32(1 - x)$
Azote	$2.1{,}88(2 - x - y)v$	$= 42{,}0(2 - x - y)$

Volume total :

$$V_t = 2(4{,}76 - 1{,}88x - 0{,}88y)v,$$
$$= 106{,}6 - 42{,}0x - 19{,}6y. \quad (2')$$

Volume d'air primaire :

$$V' = 4{,}76\,(2 - x - y)v,$$
$$= 53{,}12\,(2 - x - y)\,\text{litres}. \quad (3')$$

Volume d'air secondaire :

$$V'' = 4{,}76\,(2 - x - y)v,$$
$$= 53{,}12\,(2 - x - y)\,\text{litres} \quad (4')$$

(Remarquons, en passant, que la somme $V' + V''$ est une constante : c'est en effet le volume d'air nécessaire à la combustion complète de 1 atome de carbone.)

Chaleur externe :

$$Q_e = 97{,}6 - 68{,}2x - 58{,}2y \quad (H^2O\ \text{vapeur}) \quad (5')$$
$$Q'_e = 97{,}6 - 68{,}2x - 69{,}0y \quad (H^2O\ \text{liquide}) \quad (6')$$

Chaleur interne (ne change pas) :

$$Q_i = 68{,}2x + 58{,}2y \quad (\text{inférieure}) \quad (7')$$
$$Q'_i = 68{,}2x + 69{,}0y \quad (\text{supérieure}) \quad (8')$$

Chaleur totale :

$$Q_t = 97{,}6. \tag{9'}$$

Puissance calorifique moléculaire :

$$N_m = \frac{68{,}2x + 69{,}0y}{4{,}76 - 1{,}88x - 0{,}88y}. \tag{10'}$$

Puissance calorifique spécifique :

$$N = \frac{68{,}2x + 69{,}0y}{106{,}6 - 42{,}0x - 19{,}6y}. \tag{11'}$$

Composition du mélange tonnant :

Oxyde de carbone	$2xv$
Hydrogène	$2yv$
Anhydride carbonique	$2(1 - x)v$
Oxygène	$(x + y)v$
Azote	$3{,}76v$

On voit que la quantité d'azote contenue dans le mélange tonnant provenant de l'unité de poids de carbone est constante, quelle que soit la manière dont le carbone a été gazéifié. C'est la quantité contenue dans l'air nécessaire à la combustion complète en CO^2 de cette unité de poids.

Volume du mélange tonnant :

$$\begin{aligned} V_m &= 2(4{,}76 + 0{,}50x + 1{,}50y)v \\ &= 106{,}6 + 11{,}16x + 33{,}48y. \end{aligned} \tag{12'}$$

Puissance calorifique du mélange :

$$M_m = \frac{68{,}2x + 69{,}0y}{4{,}76 + 0{,}50x + 1{,}50y}, \tag{13'}$$

$$M = \frac{68{,}2x + 69{,}0y}{106{,}6 + 11{,}16x + 33{,}48y}. \tag{14'}$$

Rendement thermique :

$$\rho = \frac{68{,}2x + 69{,}0y}{97{,}6}. \tag{15'}$$

Poids d'eau décomposée :

$$p = 1{,}5y. \qquad (16')$$

Température des gaz :

$$\begin{aligned} &97{,}6 - 68{,}2x - 69{,}0y, \\ &-(34{,}3 - 14{,}6x - 6{,}01y)t, \\ &-(5{,}96 - 4{,}23x - 0{,}53\,y)t^2 = 0. \end{aligned} \qquad (18')$$

14. — Représentation graphique.

Puisque nous ne considérons que le volume de gaz produit par un atome de carbone, la composition de ce gaz sera parfaitement déterminée, ainsi que toutes les autres constantes de ce gaz, par la connaissance des teneurs en oxyde de carbone et en hydrogène.

Si l'on prend, comme unité de volume, le volume moléculaire $2v$, la teneur en oxyde de carbone est x et la teneur en hydrogène est y. Ainsi x et y définissent parfaitement un gaz pauvre déterminé, ou encore un état particulier du gazogène.

Prenons deux axes coordonnés Ox et Oy (*fig. 1*) rectangulaires. A chaque couple de valeurs de x et de y, c'est-à-dire à chaque nature de gaz ou à chaque état du gazogène, correspondra un point unique du plan, et réciproquement. Ce sera le point figuratif du gaz ou de l'état du gazogène.

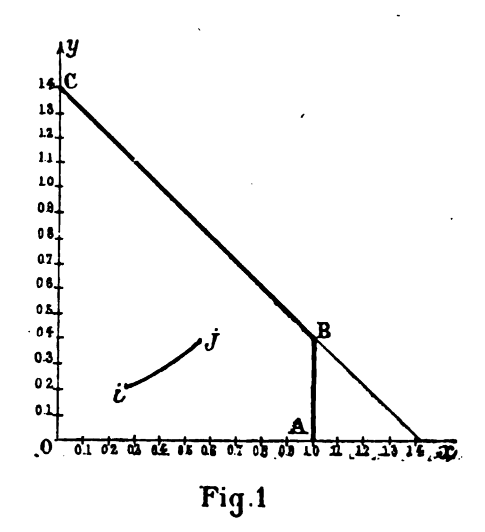


Fig. 1

Une série d'états successifs du gazogène sera représentée dans le plan xOy par une courbe continue.

Nous allons d'abord déterminer la région du plan où peut se mouvoir le point figuratif.

Remarquons d'abord que la proportion d'anhydride carbonique étant 1 — x, il est nécessaire que x soit toujours inférieur à 1. Le point figuratif devra toujours se trouver à gauche de la verticale : $x = 1$, passant par le point A (1,0) de l'axe Ox.

Si l'on divise le segment OA en 10, 100, 1000... parties égales, il figurera l'échelle des teneurs en oxyde de carbone.

Le même segment et la même division figureront l'échelle des teneurs en anhydride carbonique (ou axe des z) en prenant pour origine le point A et en numérotant en sens inverse.

En second lieu, nous remarquerons que la chaleur externe

$$Q'_e = 97,6 - 68,2x - 69,0y$$

contient des termes négatifs. Cette quantité ne pouvant devenir négative, il faut que l'on ait :

$$97,6 - 68,2x - 69,0y > 0.$$

Le premier membre égalé à 0 représente une droite dont les coordonnées à l'origine sont :

$$x_0 = \frac{97,6}{68,2} = 1,43, \qquad y_0 = \frac{97,6}{69,0} = 1,41.$$

Cette droite coupe l'axe des y au point C, ayant pour ordonnée la valeur précédente, et l'axe des z au point B, ayant pour ordonnée :

$$y_1 = 0,426.$$

Pour satisfaire à l'inéquation ci-dessus, le point figuratif doit se trouver au-dessous de cette droite.

La région d'évolution du point figuratif est donc constituée par le trapèze birectangle OABC.

Si dans chacune des formules que nous avons établies ci-dessus, on regarde les lettres symbolisant les propriétés des gaz comme des paramètres et x et y comme des variables indépendantes, chaque formule pourra être représentée par une courbe rapportée aux axes coordonnés Ox et Oy.

Si on donne au paramètre une série de valeurs, on obtiendra un réseau de courbes dans tout le champ du point figuratif.

Nous allons étudier et tracer quelques-uns de ces réseaux.

15. — Droites d'égale teneur en azote.

Nous connaissons déjà trois réseaux de droites :

1° Les droites $x =$ const., qui donnent la teneur en CO;

2° Les droites $y =$ const., donnant la teneur en H:

3° Les droites $1 - x =$ const., ou $z =$ const., donnant CO^2.

Il nous reste, pour avoir la composition complète du gaz en chaque point, à tracer le réseau des droites d'égale teneur en azote. Ce sont les droites :

$$u = 1{,}88\,(2 - x - y) = \text{const.}$$

Pour des valeurs de la constante croissant en progression arithmétique, comme 0, 1, 2, 3..., les droites sont équidistantes et parallèles à la bissectrice de l'angle $x'Oy$.

Étant tracés les trois réseaux de droites :

$$x = \text{const.},\ y = \text{const.},\ \text{et}\ u = 1{,}88\,(2 - x - y) = \text{const.}$$

(*fig.* 2), un point quelconque du plan étant donné, on connaitra immédiatement, par les trois droites des trois réseaux qui passent par ce point, à quelle composition gazeuse correspond ce point figuratif.

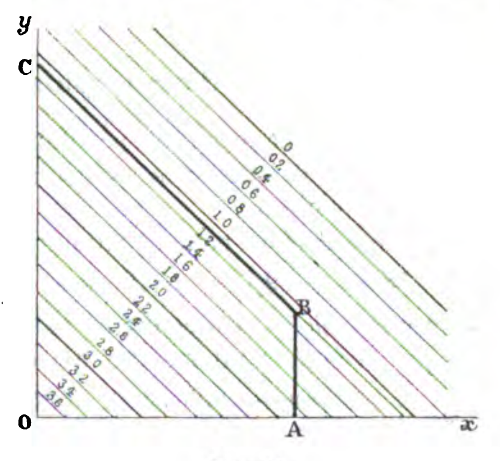


Fig. 2

Son x donne la teneur en CO, son y donne la teneur en H, et son u la teneur en azote.

Remarquons que son $z = (1 - x)$ sera la teneur en CO^2. x, y et u peuvent être considérés comme les coordonnées trilinéaires du plan, le triangle de référence étant formé par Ox, Oy et la droite $2 - x - y = 0$.

Parmi les autres réseaux de droites intéressants, nous considérerons les droites de puissance calorifique, les droites de rendement thermique et les droites de température.

16. — Droites d'égal rendement thermique.

C'est le réseau des droites :

$$\rho = \frac{68,2x + 69,0y}{97,6} = \text{const.}$$

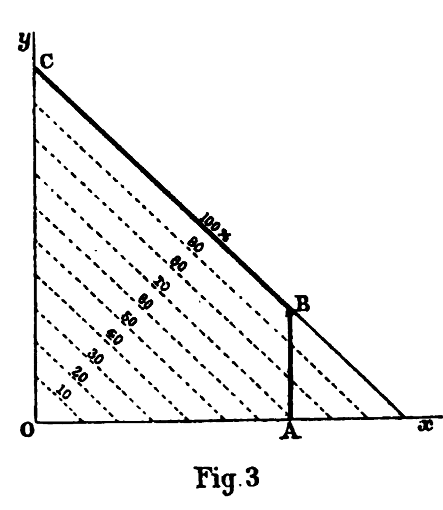


Fig. 3

Remarquons que ce sont des droites parallèles à la droite BC :

$$97,6 - 68,2x - 69,0y = 0$$

qui est donnée pour un rendement égal à l'unité.

La droite de rendement nul passe par l'origine.

Il suffira alors de tracer dans l'espace compris entre ces deux droites dix droites équidistantes entre elles et parallèles aux précédentes pour avoir les droites de rendement de 1/10 en 1/10 (*fig.* 3).

17. — Droites d'égale puissance calorifique.

La puissance calorifique spécifique étant plus généralement employée que la puissance moléculaire, nous ne nous occuperons que de celle-là.

Ces droites auront pour équation :

$$68,2x + 69,0y - N(106,6 - 42,0x - 19,6y) = 0.$$

Ce réseau (*fig.* 4) est constitué par un faisceau de droites passant par le point d'intersection des deux droites :

$$68,2x + 69,0y = 0, \text{ droite de puissance nulle,}$$
$$106,6 - 42,0x - 19,6y = 0, \text{ droite de puissance infinie.}$$

Cette dernière droite étant complètement en dehors du champ du point figuratif, il est plus commode pour tracer le réseau de calculer les coordonnées à l'origine pour chaque valeur de N.

Ces coordonnées sont :

$$x_0 = \frac{106,6}{42,0 + \frac{68,2}{N}}, \quad y_0 = \frac{106,6}{19,6 + \frac{69,0}{N}}.$$

Nous avons réuni dans le tableau suivant les valeurs de x et de y pour des valeurs de N croissant de 200 en 200 calories par mètre cube ou de 2/10 en 2/10 de calorie par litre (dans les formules l'unité de volume est le litre).

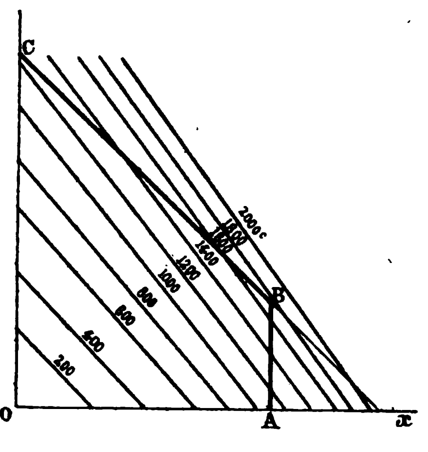


Fig. 4

Comme pour les valeurs élevées de N, les points sur Oy tombent en dehors des limites de l'épure, nous avons calculé les points situés sur la droite $x = 1$, ce sont leurs ordonnées que nous désignons par y_1.

N =	0,200	0,400	0,600	0,800	1,000	1,200	1,400	1,600	1,800	2,000
x =	0,277	0,500	0,684	0,835	0,965	1,075	1,170	1,255	1,330	1,400
y =	0,292	0,552	0,790	1,004	1,200	1,370	1,540	1,690	1,830	
y_1 =						0,098	0,226	0,345	0,454	0,562

18. — Droites d'égale puissance calorifique du mélange.

Ces droites auront pour équation :

$$68{,}2x + 69{,}0y - M(106{,}6 + 11{,}16x + 33{,}48y) = 0.$$

D'où les coordonnées à l'origine :

$$x_0 = \frac{106{,}6}{\frac{68{,}2}{M} - 11{,}16}, \quad y_0 = \frac{106{,}6}{\frac{69{,}0}{M} - 33{,}48}.$$

Il est facile de se rendre compte que, pour une même valeur de la constante, les droites N = const. et M = const. se coupent sur la droite :

$$x + y = 0.$$

En effet, pour tous les points de cette droite, le volume d'air secondaire est nul et les deux puissances calorifiques ont forcément la même valeur. Mais remarquons que cela ne peut arriver que pour des valeurs négatives des variables. La droite précédente se trouve d'ailleurs en dehors du trapèze OABC. Mais

cependant cette remarque peut aider pour tracer le réseau des droites M = const. Ici encore les points d'intersection se trouveront en dehors des limites de l'épure; aussi est-il plus simple de calculer les coordonnées à l'origine. Ce calcul est résumé dans le tableau ci-dessous :

$M =$	0,2	0,4	0,6	0,8	1.0
$x_0 =$	0,323	0,668	1,035	1,415	1,865
$y_0 =$	0,341	0,764	1,300	2,020	2,990

Le faisceau de ces droites étant tracé concurremment avec le faisceau des droites précédentes, on constatera qu'elles font un angle très aigu avec celles-ci.

Par tout point du plan passe une droite d'égale puissance calorifique du gaz et une droite d'égale puissance calorifique du mélange. Dès lors pourra se produire le fait remarquable suivant : un gaz peut avoir une puissance calorifique moins élevée qu'un autre et avoir pourtant une puissance calorifique de mélange supérieure. Il suffit de considérer deux droites voisines de chaque système, formant un parallélogramme : les deux gaz dont les points figuratifs coïncident avec les sommets aigus de ce parallélogramme se trouvent dans le cas précédent.

19. — Droites d'égale température.

L'équation du faisceau de ces droites, t étant considéré comme un paramètre variable, est :

$$(4{,}23t^2 + 14{,}6t - 68{,}2)\,x + (0{,}53t^2 + 6{,}01t - 69{,}0)\,y$$
$$- (5{,}96t^2 + 34{,}3t - 97{,}6) = 0.$$

Le paramètre entrant au second degré, l'enveloppe de ces droites est une conique. Il serait facile de voir que c'est une hyperbole. Mais cette courbe se trouvant tout entière en dehors des limites de l'épure, sa considération n'est d'aucune utilité. Pour la construction du faisceau de droites, il faut avoir recours au calcul des coordonnées à l'origine :

$$x_0 = \frac{P}{Q} = \frac{5{,}96t^2 + 34{,}3t - 97{,}6}{4{,}23t^2 + 14{,}6t - 68{,}2},$$

$$y_0 = \frac{P}{R} = \frac{5{,}96t^2 + 34{,}3t - 97{,}6}{0{,}53t^2 + 6{,}01t - 69{,}0}.$$

Le calcul est résumé dans le tableau suivant pour des valeurs de t variant de 200 en 200 degrés.

Le calcul peut se faire rapidement si l'on calcule les différences secondes des trinômes P, Q et R. On sait que ces différences sont constantes. On trouve respectivement :

$$\Delta^2 P = 0{,}4768, \quad \Delta^2 Q = 0{,}3384, \quad \Delta^2 R = 0{,}0424.$$

t	P	Q	R	x_0	y_0
0	— 97,60	— 68,20	— 69,00	1,430	1,410
0,2	— 90,50	— 61,11	— 67,78	1,390	1,332
0,4	— 82,93	— 61,68	— 66,51	1,345	1,246
0,6	— 74,87	— 57,92	— 65,20	1,292	1,146
0,8	— 66,35	— 53,81	— 63,85	1,232	1,040
1,0	— 57,34	— 49,37	— 62,46	1,160	0,918
1,2	— 47,86	— 44,59	— 61,02	1,073	0,785
1,4	— 37,90	— 39,47	— 59,54	0,962	0,637
1,6	— 27,46	— 34,01	— 58,03	0,805	0,472
1,8	— 16,55	— 28,21	— 56,46	0,587	0,293
2,0	5,16	— 22,08	— 54,86	0,233	0,095
2,2	6,70	— 15,61	— 53,21	— 0,429	— 0,126

La droite $t = 0$ se confond avec la droite BC, droite de rendement maximum. Le faisceau des droites t = const., est cons-

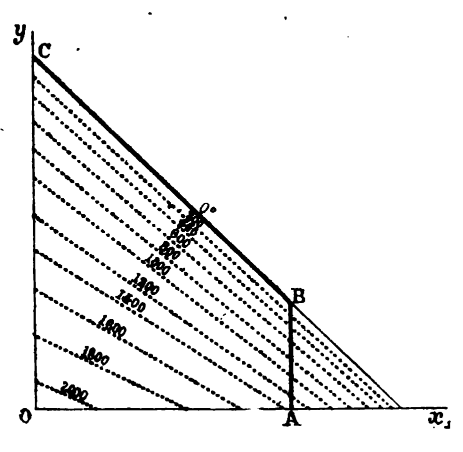


Fig. 5

titué par des droites de plus en plus penchées à mesure que la température augmente (*fig. 5*).

20. — Zones d'un foyer de gazogène.

Nous avons indiqué plus haut que la réaction résultante des réactions qui se produisent dans le sein du foyer d'un gazogène était la réaction [1'] :

$$C + (2 - x - y)\,O + yH^2O = xCO + yH^2 + (1 - x)\,CO^2.$$

Le gaz engendré par cette réaction est le gaz qui s'échappe de la couche de combustible et dont la composition n'est plus susceptible de variation avant la sortie du gazogène.

Nous n'avons considéré jusqu'à présent que le résultat final *in globo* et nous avons raisonné comme si la même réaction se passait en chaque point de toute la couche de combustible, depuis la surface d'attaque du vent jusqu'à la surface de sortie du gaz.

En réalité, les choses ne se passent pas aussi simplement et la réaction [1'] est la résultante d'une infinité de réactions différentes les unes des autres.

Considérons en effet *(fig. 6)* une cuve de gazogène de forme quelconque. Soient MN le niveau inférieur du combustible, c'est-à-dire la grille, PQ le niveau supérieur où vient sourdre le gaz pauvre produit. Si on considère à un moment donné un point quelconque K de la masse du combustible, le gaz qui se trouve en ce point, mélange du gaz produit en ce point et du gaz provenant des couches inférieures, possède une certaine composition qui peut être définie par les trois coordonnées x, y et z, et une certaine température t.

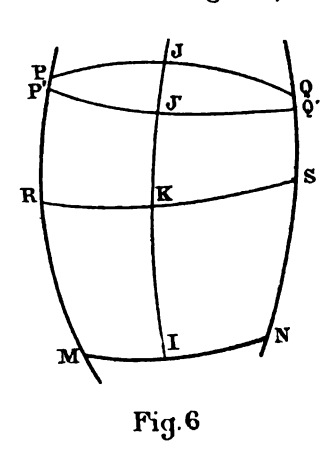


Fig. 6

L'ensemble des points où le gaz possède cette même composition et cette même température forme une surface RS passant par le point K. Par tout point de la masse du combustible passe une surface analogue et une seule. Nous appellerons *surfaces de niveau* ces surfaces analogues aux surfaces équipotentielles de la mécanique. La surface d'attaque MN est forcément une surface de niveau.

La surface d'émission PQ n'est pas nécessairement une surface de niveau. Mais l'on peut considérer une surface de niveau extrême P'Q' telle qu'à partir de cette surface jusqu'à la surface d'émission les gaz ne changent plus de composition ni de température. C'est cette surface que nous appellerons *surface d'émission théorique* et que nous envisagerons dans la suite.

Le gaz total qui traverse une surface de niveau RS est produit par toute la couche de combustible qui se trouve au-dessous de la surface. Supposons que par la pensée on enlève tout le combustible qui se trouve au-dessus de cette surface, le gaz sortira alors du gazogène avec la composition qu'il avait dans la surface RS. Le fonctionnement du gazogène ainsi limité à la surface d'attaque MN et à la surface d'émission RS peut être représenté par un point figuratif de notre diagramme. Nous conviendrons de dire que ce point est le point figuratif de la surface de niveau RS.

Enfin considérons une veine gazeuse partant d'un point de la surface d'attaque I et aboutissant à un point de la surface d'émission J'. Ce peut être le chemin parcouru par un atome d'oxygène, soit oxygène de l'air, soit oxygène de la vapeur d'eau. Cette veine rencontre toutes les surfaces de niveau. Si, sur le diagramme, nous marquons tous les points figuratifs de toutes ces surfaces de niveau, nous obtiendrons une courbe continue *i j* qui peut être appelée la *caractéristique du gazogène* au moment considéré *(fig. 1)*.

On peut remarquer que le point final *j* n'est autre chose que le point figuratif que nous avions considéré jusqu'ici.

On appelle *zone* la couche de combustible comprise entre deux surfaces de niveau. On peut distinguer dans un gazogène deux zones distinctes : 1° *zone exothermique* ou de combustion ; 2° *zone endothermique* ou de réduction. Les réactions qui se produisent sur la grille et à la traversée du coke incandescent sont les suivantes :

a) $C + O = CO$
b) $C + 2O = CO^2$
c) $C + H^2O = CO + 2H$
d) $C + CO^2 = 2CO$
e) $C + 2H^2O = CO^2 + 4H$

Les réactions *a* et *b* sont exothermiques, alors que les trois autres sont endothermiques.

A la surface d'attaque du vent, ce sont les réactions *a* et *b* qui se produisent en majeure partie et qui élèvent la température du foyer à son maximum par suite de la prédominance des réactions exothermiques.

A partir d'une certaine surface de niveau, l'oxygène de l'air n'existe plus à l'état libre, et c'est uniquement les réactions *c*, *d* et *e*, c'est-à-dire les réactions endothermiques, qui peuvent se produire et qui abaissent graduellement la température. D'après Lencauchez, les réactions *c* et *d* exigent, pour se produire, une température d'au moins 800 à 850 degrés. La réaction *e* se produit entre 550 et 800°. Cette surface de niveau délimite les deux zones endothermique et exothermique.

21. — Étude des cas-limites.

Revenons à la représentation de l'état d'un gazogène par un seul point figuratif.

Ce point devant nécessairement rester à l'intérieur du trapèze birectangle OABC, les conditions-limites du fonctionnement seront celles qui sont représentées par les points situés sur les quatre côtés du quadrilatère.

Voyons ce qui caractérise chacune de ces droites :

1° Sur la droite OA, la teneur en hydrogène est nulle. Il n'y a pas de production de gaz à l'eau;

2° Sur la droite OC, c'est la teneur en CO qui est nulle, la teneur en CO^2 est maxima;

3° Sur la droite AB, la teneur en CO^2 est nulle, la teneur en CO est maxima ,

4° La droite BC est la droite de température nulle et de rendement maximum.

Dans les calculs qui précèdent, nous avons supposé un fonctionnement théorique du gazogène dans lequel il ne se produirait aucune perte de chaleur par rayonnement ou par transmission à travers les parois. Les réactions précédemment formulées se passent dans une enceinte parfaitement isolée à enveloppe parfaitement calorifuge. De sorte que la chaleur sensible dégagée dans le foyer, que nous avons appelée chaleur externe, sert uniquement à élever la température du gaz produit. Cette température est celle que nous avons précédemment calculée.

Par conséquent, par tous les points de la droite de rendement maximum, les gaz sortiraient du gazogène à la température de

0°, ou plutôt à la température ordinaire, soit 15°. La différence entre 0° et la température ordinaire est ici négligeable.

En d'autres termes, toute la chaleur dégagée par les réactions exothermiques est absorbée par les réactions endothermiques.

Mais nous avons vu plus haut que les réactions endothermiques exigeaient, pour se produire, une température d'au moins 550°. On doit en conclure l'impossibilité d'un pareil fonctionnement, car les gaz qui sortiront de la surface d'émission seront au moins à cette température.

On peut cependant se rendre compte de la possibilité d'abaisser davantage la température de sortie des gaz (en se mettant toujours dans l'hypothèse de parois imperméables), au moyen des considérations suivantes :

Imaginons qu'au-dessus de la surface d'émission PQ se trouve une couche de combustible PQP'Q' traversée par le gaz, mais au sein de laquelle aucune réaction chimique ne se produise. De telle sorte que la composition du gaz reste la même au sortir de la nouvelle surface d'émission qu'au sortir de l'ancienne. Mais supposons que sa température s'abaisse de sa température primitive t à 0°, en perdant toute sa chaleur sensible. Puisque nous avons supposé que les parois sont imperméables, il est nécessaire d'admettre que cette chaleur reste dans le gazogène, et qu'elle est transportée soit par rayonnement, soit par conductibilité aux couches sous-jacentes, c'est-à-dire aux zones de combustion et de réduction.

Toute la chaleur sensible du gaz est récupérée et la zone PQP'Q' s'appellera *zone de récupération*.

22. — Fonctionnement à récupération totale.

Le fonctionnement du gazogène sur la ligne BC est le fonctionnement à récupération totale. En d'autres termes, la partie de la chaleur sensible qui pourrait être emportée par le gaz est récupérée et rétrocédée au foyer pour la formation endothermique d'une certaine quantité de gaz.

Dans la théorie précédente, nous avons supposé que cette récupération et cette rétrocession se faisaient par la voie du combustible lui-même qui conduisait la chaleur dans les zones de combustion et de réduction. Dans la pratique, c'est l'air comburant ou la vapeur qui restituent cette chaleur au foyer.

On voit facilement sur notre diagramme que dans ce fonction-

nement à récupération totale, le meilleur gaz, c'est-à-dire le gaz le plus riche en calories est celui ayant le point B comme point figuratif.

Déterminons les constantes de ce point. La composition du gaz est la suivante :

CO	1,0	volume.
CO^2	0,0	—
H^2	0,426	—
Az^2	1,080	—

H^2 s'obtient en faisant $x = 1$ dans l'équation de la droite

$$68,2x + 69,0y = 97,6.$$

Le poids d'eau décomposé par gramme de charbon est :

$$p = 1,5 \times 0,426,$$
$$= 0,639 \text{ gr.}$$

La puissance calorifique est :

$$N = \frac{97,6}{106,6 - 42,0 \times 1 - 19,6 \times 0,426},$$
$$= 1\,730 \text{ calories.}$$

Ainsi, en employant du coke comme combustible, il est *impossible* d'obtenir un gaz ayant plus de 1 730 calories au mètre cube et ce nombre est une limite supérieure jamais atteinte.

23. — Production du maximum de gaz à l'eau.

Sur la même droite, le point C correspond au maximum de gaz à l'eau produit. Il est intéressant de constater en passant que la puissance calorifique maxima est loin de correspondre à la production maxima de gaz à l'eau.

La composition du gaz au point C est la suivante :

CO	0,0	volume.
CO^2	1,0	—
H^2	1,41	—
Az^2	1,11	—

La puissance calorifique est :

$$N = \frac{97,6}{106,6 - 19,6 \times 1,41}$$
$$N = 1\,235 \text{ calories.}$$

Le poids d'eau décomposé par gramme de charbon est :

$$p = 1,5y = 2,11 \text{ gr.}$$

On pourrait donc théoriquement et au maximum décomposer un poids d'eau égal au double environ du poids du charbon.

24. — Fonctionnement sans production de gaz à l'eau.

Les points de l'axe des x donnent le fonctionnement sans production d'hydrogène, c'est-à-dire sans gaz à l'eau. En particulier, le point A correspond au cas où le seul gaz produit serait l'oxyde de carbone.

On aurait la composition :

CO	1,0	volume.
CO^2	0,0	—
H^2	0,0	—
Az^2	1,88	—

La puissance calorifique serait :

$$N = \frac{68,2}{106,6 - 42,0},$$
$$= 1\,055.$$

C'est la puissance calorifique théorique du gaz de fourneau.

La température correspondant à la production de ce gaz est donnée par l'équation :

$$(97,6 - 68,2) + (34,3 - 14,6)\,t - (5,96 - 4,23)\,t^2 = 0.$$

ou :

$$29,4 \quad + \quad 19,7\,t \quad - \quad 1,73\,t^2 \quad = 0.$$

On trouve :

$$t = 1\,330 \text{ degrés environ.}$$

Enfin, l'origine est le point figuratif du fonctionnement à puissance calorifique nulle. Le seul gaz produit est l'anhydride carbonique. La composition sera :

CO	0,0	volume.
CO^2	1,0	—
H^2	0,0	—
Az^2	3,76	volumes.

La température de la production est donnée par l'équation :

$$97,6 - 34,3t - 5,96t^2 = 0.$$

On trouve :

$$t = 2100.$$

C'est la température théorique de combustion du carbone dans l'air sans excès de comburant.

25. — Détermination du point figuratif d'un gaz de composition donnée.

Jusqu'à présent, nous avons recherché quelle est la composition du gaz qui se trouve représenté par un point particulier du diagramme. Le problème inverse se présente fréquemment :

Étant donné un gaz dont on connaît la composition volumétrique centésimale, déterminer les coordonnées de son point figuratif.

Si X et Y sont les teneurs en centièmes en oxyde de carbone et en hydrogène, on aura évidemment, d'après les formules donnant le volume total et la composition :

$$X = \frac{x}{4,76 - 1,88x - 0,88y},$$

$$Y = \frac{y}{4,76 - 1,88x - 0,88y}.$$

On a ainsi deux équations du premier degré permettant de trouver x et y :

$$\left.\begin{aligned} x &= \frac{4,76X}{1 + 1,88X + 0,88Y}, \\ y &= \frac{4,76Y}{1 + 1,88X + 0,88Y}. \end{aligned}\right\} \qquad [19]$$

A l'aide de ces formules, nous allons examiner les compositions de quelques gaz pauvres donnés par différents auteurs et déterminer leur point figuratif.

26. — Gaz pauvre théorique des Ingénieurs de Deutz.

Les Ingénieurs de la « Gaz Motoren Fabrik de Deutz » admettent que les réactions qui se produisent dans un gazogène sont les suivantes :

$$4C + 2O^2 = 4CO,$$
$$C + 2H^2O = CO^2 + 2H^2,$$
$$C + H^2O = CO + H^2.$$

D'où, en faisant la somme :

$$6C + 2O^2 + 3H^2O = 5CO + CO^2 + 3H^2.$$

De sorte que ce gaz correspondrait au point figuratif :

$$x = 5/6 = 0{,}833.$$
$$y = 3/6 = 0{,}500.$$

La composition du gaz produit serait donc, en volumes :

CO		5,0	volumes, soit . .	30,20 0/0
H^2		3,0	— . .	18,12 —
CO^2		1,0	— . .	6,04 —
Az^2	2,79/21 =	7,53	— . .	45,64 —

La puissance calorifique du gaz serait :

$$N = \frac{68{,}2 \times 0{,}833 + 69{,}0 \times 0{,}500}{106{,}6 - 42{,}0 \times 0{,}833 - 19{,}6 \times 0{,}500},$$
$$= 1\,480.$$

La température de sortie des gaz serait :

$$t = 300 \text{ degrés environ.}$$

Le poids d'eau décomposé par gramme de carbone :

$$p = 1{,}5 \times 0{,}500 = 0{,}750.$$

La quantité d'eau transformée en gaz à l'eau serait exactement les trois quarts du poids du charbon.

Le rendement du gazogène serait alors de :

$$\rho = \frac{68,2 \times 0,833 + 69,0 \times 0,500}{97,6} = 93,8\ 0/0.$$

27. — Gaz pauvre théorique de Lencauchez.

Dans la plupart de ses ouvrages, Lencauchez admet que la moitié du carbone peut être gazéifiée par l'oxygène du vent et l'autre moitié par l'oxygène de la vapeur d'eau. De plus, il admet que les deux gaz à l'eau (CO ou CO^2) se produisent en absorbant quantités égales de carbone. En d'autres termes, on aura les réactions :

$$2C + O^2 = 2CO,$$
$$C + 2H^2O = CO^2 + 2H^2,$$
$$C + H^2O = CO + H^2.$$

D'où, en faisant la somme :

$$4C + O^2 + 3H^2O = 3CO + CO^2 + 3H^2.$$

De sorte que ce gaz, qui contient des volumes égaux de CO et de H^2, correspondrait au point figuratif :

$$x = 3/4, \qquad y = 3/4.$$

Il est facile de voir que ce point se trouve en dehors du trapèze OABC. La production du gaz Lencauchez est donc complètement impossible dans un gazogène à auto-récupération. Elle ne peut être possible que dans un gazogène où l'air et la vapeur sont chauffés par un foyer indépendant. Lencauchez suppose, en effet, que l'on chauffe l'air et la vapeur au moyen de l'échappement du moteur alimenté par le gazogène.

La quantité d'eau nécessaire à la production du gaz Lencauchez est :

$$p = 1,5 \times 3/4 = 1,14.$$

La puissance calorifique du gaz produit est donnée par :

$$N = \frac{68,2 \times 0,75 + 69,0 \times 0,75}{106,6 - 42,0 \times 0,75 - 19,6 \times 0,75},$$

$$N = 1\,700 \text{ calories.}$$

28. — Gaz pauvre H. Riché.

Dans le mémoire de M. Briand sur les essais effectués sur un gazogène autoréducteur à double combustion, on trouve les analyses suivantes d'un gaz de coke :

CO	18,7	18,8	19,5
H^2	9,2	9,6	8,4
CO^2	9,6	9,4	8,5
Az^2	61,8	61,6	63,0

Ces analyses montrent que le volume de l'hydrogène est sensiblement le même que le volume de l'anhydride carbonique, et que celui de l'oxyde de carbone en est le double. En d'autres termes, on a ici :

$$x = 2/3 \qquad y = 1/3.$$

La réaction résultante peut s'écrire :

$$3C + 3O + H^2O = 2CO + H^2 + CO^2.$$

La composition du gaz dans cette hypothèse serait :

CO........	2 volumes	soit	20,70	0/0
H^2........	1 »	»	10,35	0/0
CO^2.......	1 »	»	10,35	0/0
Az^2........	5,64 »	»	58,60	0/0
	9,64 volumes			

La puissance calorifique de ce gaz théorique serait :

$$N = \frac{68,2 \times 2/3 + 69,0 \times 1/3}{106,6 - 42,0 \times 2/3 - 19,6 \times 1/3} = \frac{68,5}{72,1} = 950.$$

La température de sortie des gaz :

$$t = 1\,050^{\circ} \text{ environ.}$$

Le rendement thermique du gazogène :

$$p = \frac{68,5}{97,6} \text{ soit } 70\ 0/0 \text{ environ.}$$

La quantité d'eau consommée est :

$$p = 1{,}5 \times \frac{1}{3} = 0{,}5.$$

Le poids d'eau transformée en gaz est exactement la moitié du poids de carbone.

29. — Gaz pauvre des essais de Bunte.

Le tableau suivant, dû à Bunte, donne la composition du gaz de coke produit dans ses essais en fonction de la quantité d'eau p injectée par kilogramme de coke. Les colonnes x et y donnent les coordonnées des points figuratifs calculés au moyen des formules 19. Enfin la colonne p' donne le poids d'eau décomposé calculé d'après la valeur de y.

p	p'	CO	H^2	CO^2	Az^2	x	y
0	0,158	24,2	3,3	4,6	67,9	0,774	0,105
0,51	0,45	19,6	9,1	7,0	64,3	0,643	0,299
0,66	0,59	19,3	12,2	8,3	60,2	0,624	0,395
0,71	0,63	18,4	12,9	9,0	59,7	0,600	0,420
0,75	0,71	14,6	14,0	13,2	58,2	0,497	0,476
0,86	0.83	12,0	15,8	12,0	60,2	0,418	0,552
0,92	0,85	11,7	16,3	14,8	57,2	0,408	0,570

Si on reporte tous ces points sur l'épure, on trouve que les points se disposent assez convenablement sur une courbe.

Il est facile de voir que le troisième point correspond au maximum de puissance calorifique.

Il est à remarquer que le deuxième point qui correspond à une injection de 1/2 gramme d'eau par gramme de carbone se rapproche beaucoup du gaz pauvre Riché.

De plus, le cinquième point qui correspond à une injection de 3/4 d'eau pour 1 de charbon, c'est-à-dire la proportion théorique des Ingénieurs de Deutz, est très éloigné du point figuratif du gaz de ces derniers.

Il est à noter enfin que le poids d'eau décomposé p', calculé d'après la teneur en hydrogène, diffère du poids mesuré. Cela peut tenir à deux causes : la première est l'humidité du coke

qui expliquerait comment le premier gaz contient de l'hydrogène, alors qu'il n'a pas encore été injecté de l'eau ; la seconde est la vitesse du courant de vapeur qui peut traverser le coke sans être décomposée, ce qui expliquerait comment, à partir du second point, *p′* est inférieur à *p*.

30. — Conclusion.

Ces quelques exemples suffisent pour montrer tout le parti que l'on peut tirer des diagrammes ci-dessus. Leur utilité est surtout manifeste lorsqu'il s'agit de comparer entre eux différents gaz dont on connait l'analyse. Ils peuvent servir aussi aux Ingénieurs dans l'étude de la marche des gazogènes. En prélevant différents échantillons de gaz aux différentes allures et aux différentes zones du gazogène, et faisant l'analyse de ces échantillons, on peut établir la courbe de fonctionnement du gazogène, courbe analogue à celle qui résume les essais de Bunte.

CHRONIQUE

N° 322.

SOMMAIRE. — Conduites rayées pour le transport des huiles lourdes. — Les locomotives des chemins de fer italiens. — Le tunnel de l'Hudson. — Forage de trous de mines dans le fond des rivières. — Emploi de la tourbe comme combustible aux États-Unis. — Production de l'alcool par la sciure de bois.

Conduites rayées pour le transport des huiles lourdes. — On trouve, notamment dans les gisements pétrolifères de Californie, des huiles lourdes très visqueuses contenant de l'asphalte ; leur densité s'élève jusqu'à 14 degrés Baumé. On les a jusqu'ici transportées sur essieux parce que les essais tentés pour les envoyer par tuyaux n'ont donné que de médiocres résultats. En effet il faut employer des pressions considérables pour les faire circuler, ce qui nécessite des tuyaux coûteux et des appareils de pompage d'un établissement et d'un service onéreux, tout en n'obtenant qu'un débit assez faible.

On a cherché à remédier à ces inconvénients de diverses manières ; on a entre autres essayé de chauffer l'huile ; cette méthode a donné de bons résultats pour des petites distances ; mais, pour des parcours considérables, il faudrait atteindre une température qui amènerait la décomposition de l'huile et la formation de dépôts charbonneux très incommodes à enlever et qui risqueraient de boucher les conduites.

On a essayé aussi de mélanger de l'eau avec l'huile, mais il faut en ajouter une proportion de 30 0/0 si on veut obtenir un bon résultat ; alors par le mouvement du liquide dans la conduite, il se produit une émulsion, et la séparation ultérieure devient difficile et coûteuse, parce qu'il faut chauffer le mélange à une température de 80 degrés centigrades. On a tenté également de mélanger des huiles légères aux huiles lourdes, mais pour cela, il faut en avoir sur place, ce qui n'est pas toujours facile et, comme ces huiles légères sont en général plus coûteuses, le procédé n'est pas économique, ce qui le rend presque toujours inapplicable.

Une nouvelle méthode, due à MM. John D. Isaacs et Backner Speed, a été adoptée par la Southern Pacific Company. Elle consiste à rayer les conduites à l'intérieur comme on raye un canon de fusil ou une pièce d'artillerie. Si on mélange à l'huile lourde une légère proportion d'eau, la masse liquide prend un mouvement de rotation par suite du rayage et, comme l'eau est plus dense que l'huile, elle se rend à la périphérie de la masse et forme une couche mince qui enveloppe celle-ci. Cette couche glisse avec un frottement très réduit sur la paroi intérieure de la conduite.

Une fois l'idée venue aux inventeurs, on en a fait l'essai sur un petit tuyau en plomb qu'on avait tordu en hélice à la main. Si grossière que fut cette première application, elle montra clairement l'effet qu'on se proposait de produire. On expérimenta alors sur une conduite de 800 m

de longueur en tuyaux de 75 mm de diamètre du modèle employé pour le transport de pétrole et dans lesquels on avait introduit des spirales de fils métalliques ; ces spirales formant ressort adhéraient fortement aux parois. Cette conduite fut posée et expérimentée avec de l'huile lourde de Kern. On constate que les meilleurs résultats étaient obtenus avec une proportion de 10 0/0 d'eau. Le débit atteignait plusieurs fois celui qu'on avait avec de l'huile pure ou même de l'huile mélangée d'eau dans un tuyau lisse de même diamètre.

On employa ensuite des tuyaux où on pratiquait les rayures en les faisant passer dans une série de cylindres pour former un pas de vis de 15 fois le diamètre. Le succès obtenu justifia la construction d'une conduite définitive établie sur ce principe pour le transport régulier du pétrole. Cette conduite, de 50 km de longueur, en nombre rond, va de Volcan, au centre des gisements pétrolifères, sur la ligne du Southern Pacific, à Delano, localité située au nord de la première sur la même ligne de chemin de fer et à un niveau de 36 m environ au-dessous de la première.

Les tuyaux employés ont 0,20 m de diamètre et pèsent 32,6 kg le mètre courant, ils ont été éprouvés à 84 kg par centimètre carré.

Le rayage s'opère au moyen d'une machine dont nous nous contenterons, en l'absence de figures, de faire connaître le principe ; elle comprend trois plateaux dont deux portent chacun six galets dont les axes reposent dans des fourches radiales et le troisième des paires de coins. Lorsqu'on rapproche les plateaux, ces paires de coins forcent les galets sur le tube à rayer qui passe au centre des plateaux et, comme ces galets sont inclinés au pas de la rayure à produire, il suffit de tirer le tube comme dans une filière pour que les galets produisent six filets imprimés dans le tube et formant le rayage. Le pas est de 3 mètres, le tuyau tournant d'un sixième de tour entre les deux plateaux écartés de 0,50 m. On opère la traction sur le tube au moyen d'un câble d'acier enroulé sur un treuil. Chaque bout de tube est muni de deux trous fermés par des bouchons à vis pour permettre d'y introduire l'eau sous pression pour l'épreuve qui se fait au sortir de la machine à rayer.

La conduite est posée dans une tranchée de 0,60 m environ de profondeur, les tuyaux sont assemblés à vis et on les emmanche les uns avec les autres au moyen de pinces à long manche manœuvrées par 16 hommes. Les tuyaux ne sont pas posés en ligne droite, ou leur fait décrire en plan et en élévation des courbes à des intervalles d'environ 120 à 150 mètres, cela pour prévenir les effets de la dilatation et de la contraction ; en outre les courbes dans le sens vertical servent à former des points bas où l'eau, plus lourde que l'huile, s'accumule lorsqu'on vide la conduite ; on évite ainsi le danger de voir les tuyaux se boucher par l'épaississement de l'huile.

La station de pompage se compose de trois chaudières tubulaires à retour de flamme avec réchauffeur d'eau d'alimentation, alimentant une pompe à vapeur à deux cylindres de 0,625 et 1,85 m de diamètre et 0,915 m de course, les pompes ont des pistons de 0,24 m de diamètre. La pompe pour injecter l'eau a des pistons de 0,125 de diamètre et 0.305 m de course et est mue par un cylindre à vapeur de 0,400 m de

diamètre. L'eau est envoyée dans la conduite dans un espace annulaire formé par l'insertion dans le tuyau rayé d'un bout de tuyau fermé à une extrémité, cet espace annulaire a 12,5 mm d'épaisseur, une lame de tôle tordue en hélice qui y est insérée donne à l'eau un mouvement initial de rotation.

Après un essai par l'eau sous une pression de 70 kg on a fait fonctionner la ligne avec de l'huile pendant une durée continue de 24 jours, pendant laquelle le débit a été de 14000 barils d'huile par 24 heures sous une charge de 56 atmosphères. L'huile transportée était exceptionnellement lourde et avait séjourné pendant longtemps dans un réservoir de sorte que la plus grande partie des éléments volatils étaient évaporés. La température de l'huile était de 16 degrés centigrades au maximum et était parfois descendue bien plus bas. On a constaté que le débit maximum de l'huile qui a atteint jusqu'à 675 barils par heure correspondait à une proportion d'eau mélangée de 10 0/0. Ces renseignements sont extraits d'une note de M. John D. Isaacs l'un des inventeurs de ce procédé, publié par le Supplément du *Scientific American*.

Les locomotives des chemins de fer italiens. — Le *Giornale dei Lavori Pubblici* donne d'intéressants renseignements sur la situation actuelle du matériel de traction dont disposent les chemins de fer de l'État italien. Ce matériel se compose en ce moment de 3284 locomotives dont 2873 sont en service dans les dépôts et 411 sont dans les ateliers. Ces locomotives appartiennent à un assez grand nombre de types différents et se trouvent réparties dans huit départements savoir : Turin 461 ; Gênes 271 ; Milan 433 ; Venise 276 ; Florence 256 ; Rome 303 ; Naples 341 et Palerme 152. A ce nombre il faut ajouter 380 locomotives transmises à l'État par l'ancienne Société des Chemins de fer méridionaux.

Le dépôt le plus important est celui d'Alexandrie qui dispose de 140 machines. Après viennent ceux de Turin avec 139, de Naples avec 123, de Milan avec 117, de Rivarolo avec 113 et de Rome avec 106.

Il faut encore ajouter à ces chiffres les 50 locomotives achetées en Angleterre à la ligne du Midland, sur lesquelles 35 sont assignées au dépôt de Civitavecchia et 15 à celui de Milan. Toutes ces machines sont en service et font les trains omnibus et les trains de marchandises. Le personnel en est très satisfait, surtout à cause de leur très grande simplicité.

Il y a actuellement en construction 647 locomotives savoir : 307 dans les cinq ateliers du pays : Ansaldo, Saronno, Breda, Officine Meccaniche de Milan et Guppy à Naples, 10 en Belgique, 20 aux États-Unis et le reste soit 310 dans divers ateliers d'Allemagne.

Les 20 locomotives commandées aux États-Unis devaient être livrées à la fin de juillet, mais elles ne l'ont été qu'à la fin de septembre. Elles sont en montage à Naples ; comme ce travail doit durer environ deux mois, on ne peut espérer les avoir qu'à la fin de novembre. Il y en a 10 pour trains directs et 10 pour trains de marchandises. Pour les premiers, la direction générale des chemins de fer de l'État n'a pas adopté le type de l'ancien réseau de l'Adriatique qui, comme on sait, avait

l'abri du personnel à l'avant, pas plus que celui du réseau de la Méditerranée, à cause de certains défauts qu'on pouvait reprocher à ces types.

Celui de l'Adriatique avec abri à l'avant présentait l'avantage d'avoir un système de distribution très économique et de pouvoir réaliser une vitesse de 120 kilomètres à l'heure. Mais ce dernier avantage était sans intérêt sur les chemins de fer italiens où des vitesses supérieures à 95 km ne sont pas autorisées. Ce modèle a par contre le défaut d'avoir une chaudière trop faible et donne lieu à de fréquentes réparations ; en effet la proportion des locomotives de ce type hors de service dépassait de 15 0/0 la moyenne ordinaire. On a d'ailleurs reconnu que le système de l'abri à l'avant était peu pratique. Le modèle de locomotive pour trains directs de l'ancien réseau de la Méditerranée présentait à peu près dans la même proportion des avantages et des inconvénients.

Les chemins de fer de l'État expérimentent en ce moment trois nouveaux types de locomotives pour trains directs. Ces trois types ont l'abri du personnel à l'arrière et sont montés sur des roues motrices et accouplées de 1,85 m de diamètre. Ils appartiennent aux groupes 630, 640 et 666.

Le premier de ces types est en essai sur les lignes Bologne-Ancône et Milan-Turin, il donne d'excellents résultats.

Au premier type (groupe 666) appartiennent les dix machines pour trains directs construites aux États-Unis et qui sont actuellement en montage à Naples. Les machines du deuxième type sont en construction et on ne pense pas que la première soit terminée avant la fin de l'année.

Ces trois types de locomotives sont plus puissants que les types actuellement en service et leur emploi permettra d'éviter la double traction à laquelle on est obligé de recourir pour presque tous les trains directs.

Il y a encore en construction deux nouveaux modèles de machines très puissantes pour trains de marchandises et un autre destiné spécialement aux trains transportant des denrées alimentaires. Ces locomotives coûtent environ 1,90 f le kilog. de sorte que le prix de chaque machine s'élève à 90 000 à 100 000 francs dans les ateliers italiens. Pour les machines construites à l'étranger, le prix est un peu moindre.

Enfin quatre autres locomotives vont augmenter ces jours-ci le matériel de traction des chemins de fer de l'État ; ce sont celles qui sont à l'Exposition de Milan et appartiennent aux groupes 630, 750 835 et 885.

Nous pouvons ajouter à l'article précédent le renseignement suivant donné ces jours-ci par les journaux techniques. Les chemins de fer de l'État italien ont réparti entre les maisons suivantes : Ansaldo, Breda, Compagnie de Saronno et Officine Meccaniche, une commande de 100 locomotives à livrer en 1907. Il ne semble pas d'après les chiffres que cette commande fasse double emploi avec celle dont il a été question précédemment.

Le tunnel de l'Hudson. — La seconde galerie du tunnel pratiqué sous l'Hudson pour faire passer le Pennsylvania R. R. de la rive de New-York à celle de New-Jersey a été percée le 8 octobre de

cette année ; la première l'avait été le 11 septembre dernier. Il ne faut pas confondre cet ouvrage avec un autre en construction également sous l'Hudson, mais de dimensions moindres ne devant donner passage qu'à des tramways et dont nous avons parlé dans la chronique de juin 1904, page 886, à l'occasion de l'achèvement d'une de ces galeries.

Le tunnel du Pennsylvania R. R. est actuellement parvenu à un degré d'avancement qui dément les pronostics fâcheux souvent émis à son sujet et fait prévoir un prochain achèvement.

Un fait à noter est la grande précision avec laquelle les axes des avancements se sont rencontrés ; pour la galerie nord, la différence a été d'une fraction de pouce et, pour la galerie sud, on n'a trouvé aucune différence appréciable.

Le percement relativement rapide des deux galeries de 1 811 m de longueur chacune n'est point l'effet d'une heureuse chance, elle est due à une étude approfondie et étayée sur l'expérience faite préalablement par les ingénieurs et par la bonne organisation des travaux et l'énergie développée par les entrepreneurs. Si on considère que le tunnel commencé en 1905 a été percé à une profondeur de 27 m au-dessous du niveau moyen des hautes mers et à environ 7,50 m au-dessous du fond du fleuve, on peut se rendre compte des difficultés qu'on a eu à surmonter pour placer sous l'eau l'énorme poids de plus de 50 000 tonnes de fonte qui constituent le revêtement. Le diamètre des tubes a rendu le travail encore plus malaisé, ce diamètre est à l'extérieur de 7,01 m., l'épaisseur de la fonte est de 37,5 millimètres ; on voit quel effort était nécessaire pour faire avancer un bouclier de ces dimensions sous les pressions correspondantes à la hauteur d'eau.

Bien que les deux tubes formant le tunnel soient maintenant complètement constitués, on compte qu'il faudra encore au moins un an pour terminer l'ouvrage. On doit installer des supports massifs en fonte pour porter les tubes, ces supports sont des piliers de 0,715 m de diamètre qui seront vissés dans le sol. On ne prévoit pas de difficultés spéciales pour ce travail. On a ménage dans les parois des tubes à la partie inférieure des ouvertures pour passer ces piliers de sorte qu'il ne sera pas nécessaire de percer les tubes après coup.

On va garnir l'intérieur des tubes d'une couche de béton de 0,61 m d'épaisseur, travail qui exigera des soins particuliers. Dans la partie inférieure des tubes devront être logés les câbles et fils divers dont la pose dans les conditions difficiles causées par le peu d'espace dont on dispose demandera probablement beaucoup de temps. Toutes ces raisons justifient le délai indiqué plus haut pour la mise en service du tunnel exécuté sous l'Hudson pour le passage du Pennsylvania Railroad.

Forage de trous de mines dans le fond des rivières. — L'enlèvement de roches au fond de l'eau doit généralement se faire dans des conditions particulièrement difficiles, qui nécessitent l'emploi d'appareils spéciaux. Le travail est d'ailleurs le plus souvent gêné par les marées, les courants, le vent, le mauvais temps, etc. ; enfin les roches à attaquer sont recouvertes de vase, de sable, qui se renouvellent quel quefois à mesure qu'on les enlève.

La tendance qui se manifeste dans l'accroissement continu de tirant d'eau des navires rend nécessaire le creusement des voies de communication par eau et ce sont principalement les perfectionnements apportés aux perforatrices qui ont permis d'effectuer sûrement, rapidement et économiquement ce genre de travaux. On est obligé souvent d'employer des barres ayant de 10 à 18 m de longueur dont le poids s'élève jusqu'à 180 kg. Pour manœuvrer ces outils et attaquer avec des masses très résistantes, il faut des installations très étudiées et un personnel expérimenté. On se sert de pontons ou radeaux sur lesquels sont établis les guides des barres à mines, la chaudière et les divers accessoires. Le ponton est remorqué jusqu'à la place où le travail doit se faire, il est amarré par des moyens convenables qui varient suivant la nécessité d'obéir aux marées ou de résister aux courants.

On exécute en ce moment des travaux de ce genre à Renfrew, près de Glasgow pour l'enlèvement de rochers dans la Clyde de manière à augmenter la profondeur d'eau. Il s'agit de forer un très grand nombre de trous de 2,40 m de profondeur moyenne. Par endroits, le lit est disposé de telle sorte qu'il faut enlever une hauteur de 3 m ce qui conduit à percer les trous à une profondeur de 10 m sous l'eau. On emploie deux pontons dont chacun porte huit perforatrices Ingersoll-Rand. Chaque foret à 125 mm de diamètre et une course de 0,20 m. Ces outils sont aussi simples que possible, robustes et durables, ils peuvent travailler plusieurs mois dans des conditions très défavorables, et sans avoir besoin de plus qu'une surveillance ordinaire.

Chaque ponton porte deux chaudières marines, une à chaque extrémité, qui fournissent la vapeur, à 8,5 kg de pression, aux perforatrices au moyen de tuyaux flexibles munis des soupapes d'arrêt nécessaires. La position en hauteur des perforatrices se règle par de petits treuils à bras. Les perforatrices sont maintenues par des guides suspendus par des câbles métalliques à une charpente, ces câbles passent sur des poulies en haut et en bas, et les treuils agissent sur eux. La manivelle des treuils et les soupapes d'arrêt de la vapeur arrivant aux perforatrices sont voisines les unes des autres, de sorte qu'un seul homme peut manœuvrer les deux organes.

On emploie des tubes en longueurs de 1,22 m vissés les uns au bout des autres, de manière à faire la longueur nécessaire ; ces tubes sont enfoncés dans la vase qui recouvre le rocher, et servent à empêcher cette vase et les matières étrangères de s'introduire dans les trous en forage. Le foret agit dans l'intérieur du tube correspondant. On opère tout à fait comme à terre. On fore à la profondeur maxima que peut donner la barre, on remplace alors celle-ci par une plus longue, et ainsi de suite jusqu'à ce qu'on soit arrivé à la profondeur voulue, on enlève alors les outils et on charge le trou avec un explosif introduit par le tube dont il a été question ; on retire alors ce tube et on met le conducteur communiquant avec la batterie d'inflammation. L'explosion se produit sans qu'il soit nécessaire de retirer le ponton. On fore une série de huit trous dans un laps total de deux heures à deux heures et demie. Le travail est tellement important que deux années y ont déjà été employées, et qu'on compte qu'une autre année sera encore consacrée à son achèvement.

Emploi de la tourbe comme combustible aux États-Unis. — Nous avons traité à plusieurs reprises la question de l'utilisation de la tourbe, notamment dans nos chroniques de novembre 1904, page 654 et décembre de la même année, page 831. Cette question continue a être à l'ordre du jour et nous pensons qu'on lira avec intérêt les renseignements ci-dessous relatifs à des essais faits aux États-Unis, renseignements extraits par l'*Engineering News* des *Mineral Ressources of the United States*, année 1905.

Il y a aux États-Unis un certain nombre de Sociétés intéressées dans l'industrie de la tourbe et quelques-unes ont installé un matériel à titre d'expérience. La production totale de ces diverses installations atteint en 1905 un total de 900 000 kg environ. On peut citer comme type celle de la Orlando Water and Light C°, à Orlando, Flo, qui présente un intérêt particulier en ce sens qu'un préjugé populaire veut qu'on ne trouve guère la tourbe que dans les régions septentrionales. or la Floride contient probablement les plus riches gisements des États-Unis.

La Société en question a établi sur des dépôts remplissant le bassin d'un petit lac une machine Leawitt avec un transporteur à courroies amenant la matière brute à un moulin où elle est broyée et moulée sous forme de briquettes non pressées. Ces briquettes sont exposées à l'air et, sous le soleil brûlant de la Floride, elles perdent rapidement une forte proportion de l'eau qu'elles contiennent. La tourbe extraite renferme environ 89 0/0 d'eau. cette quantité se réduit rapidement par l'exposition à l'air à 30 0/0 puis 15 0/0 sans moyen artificiel de séchage. A ce moment elles sont réduites à la moitié de leurs dimensions primitives, et, dans cet état, elles peuvent être laissées exposées à l'air sans reprendre d'eau en quantité appréciable.

Mais une grosse difficulté provient de ce que en Floride il tombe beaucoup d'eau dans la saison des pluies qui dure de juin à novembre, de sorte que, pour une fabrication continue, il est nécessaire de recourir à des moyens artificiels de dessiccation.

Bien qu'on soit toujours dans la période expérimentale, il a toutefois été préparé plusieurs centaines de tonnes de briquettes qui ont été utilisées sous les chaudières d'une station de production d'éclairage électrique et les résultats obtenus permettent de croire que la tourbe peut lutter avantageusement avec du bois de pin dur coûtant 15 f la corde et du charbon de l'Alabama au prix de 35 f la tonne.

Les essais les plus intéressants et qui paraissent avoir le plus de valeur pratique sont ceux qui ont été faits dans le but d'apprécier la valeur de la tourbe pour la production du combustible gazeux. Ces essais ont été faits à Saint-Louis à la station d'essai des charbons du Geological Survey des États-Unis sur un wagon de tourbe de Massachussetts et sur un autre de la Floride.

Du premier lot, une partie était formée de tourbe brute plus ou moins mêlée de débris de bois, une autre partie de tourbe préparée. La première ne donna pas de bons résultats. la combustion se faisait très irrégulièrement et la nature du gaz était très variable. La tourbe préparée, au contraire, donna un gaz de très bonne qualité.

La tourbe de la Floride était de la tourbe préparée d'Orlando. Elle donna les meilleurs résultats tant au point de vue de la capacité calorifique qu'à celui de la régularité de composition du gaz.

L'essai dura cinquante heures consécutives et on n'éprouva aucune difficulté pour la conduite des opérations.

Voici les résultats obtenus dans cet essai.

Poids total de tourbe consommée.	13.250 kg
Capacité calorifique moyenne du mètre cube de gaz.	1.640 cal
Travail moyen en chevaux électriques.	205

	Tourbe brute.	Tourbe sèche.
	—	—
Tourbe consommée par cheval électrique .	1,29	1,02
— — par cheval indiqué. .	1,10	0,87

Composition de la tourbe.

Eau	21 »	0/0
Matières volatiles	22,11	—
Carbone fixe.	51,72	—
Cendres.	5,17	—
	100,00	0/0

Composition du gaz en volume.

Acide carbonique CO^2.	12,4
Oxyde de carbone CO	21,0
Hydrogène H^2	18,5
Méthane CH^4.	2,2
Azote N^2.	45,5
Ethylène C^2H^4	0,4
	100,0

Le peu de tourbe qui restait après l'essai de gazéification a été employé à produire de la vapeur. Cette expérience n'a pu durer que 4 h 07, ce qui est trop peu pour donner des résultats sérieux ; néanmoins on les rapportera ici vu le très petit nombre d'expériences faites jusqu'ici dans cet ordre d'idées.

Capacité calorifique de la tourbe		2.520 cal	
Durée de l'expérience		4 h 07	
Tirage à la base de la cheminée.		17mm d'eau	
Tourbe brûlée par m² de grille et par heure . .		163 kg	
Eau vaporisée à 100 degrés.	par m² de surface de chauffe et par heure .	20 kg	»
	par kg de tourbe brute.	5	»
	par kg de tourbe sèche.	6	04
Tourbe brute.	par cheval-heure électrique.	3	16
	par cheval-heure indiqué	2	56
Tourbe sèche.	par cheval-heure électrique	2	52
	par cheval-heure indiqué	2	12

On voit que ces résultats peuvent être considérés comme très avantageux.

Voici la composition de la tourbe employée provenant, comme nous l'avons dit, de Orlando.

Tourbe employée.		Tourbe supposée sèche.	
Eau	17,21	Carbone	57,77
Matières volatiles	24,85	Hydrogène	5,18
Carbone fixe	51,01	Oxygène	25,20
Cendres	6,93	Azote	2,89
		Soufre	0,59
		Cendres	8,37
	100,00		100,00

La comparaison de ces tableaux fait voir la supériorité de la réduction de la tourbe en gaz qui permet d'obtenir le cheval indiqué avec 1,29 de tourbe brute par cheval électrique au lieu de 2,52 lorsqu'on brûle ce combustible sous une chaudière activant un moteur à vapeur.

On peut conclure d'une manière générale que la tourbe est susceptible d'une utilisation avantageuse comme combustible et qu'elle peut dans bien des cas remplacer le charbon pour la production de la force motrice. Cette perspective est très intéressante pour certains états de l'Union, tels que la Floride, le Massachussetts, le Maine, le Minnesota et le Wisconsin qui sont éloignés des centres de production houillers mais qui renferment des dépôts de tourbe abondants et faciles à exploiter.

Production de l'alcool par la sciure de bois. — Nous avons signalé, dans la Chronique d'août 1906, page 269, une méthode de fabrication de l'alcool au moyen de bois. Nous croyons utile de donner quelques détails sur ce procédé que l'auteur, le professeur A. Classen, de l'École technique supérieure d'Aix-la-Chapelle a mis en pratique en l'applicant à la sciure de bois.

Au lieu d'acide sulfurique, il emploie l'acide sulfureux à l'état gazeux qu'il fait réagir sur la sciure à une température modérée; il en résulte que le bois traité reste exempt de toutes les substances qui pourraient empêcher la fermentation du sucre contenu.

Le matériel employé pour cette fabrication se compose d'un appareil dans lequel s'opère la dissolution de l'acide sulfureux dans l'eau et d'une chaudière où se fait le traitement de la sciure par l'acide, d'un appareil d'épuisement où l'on dissout le sucre produit dans la chaudière précédente, de cuves pour la neutralisation des acides par le carbonate de chaux et enfin de chambres de fermentation et de distillation dans lesquelles l'alcool est formé et recueilli comme dans les distilleries ordinaires.

La chaudière dont il a été question est constituée par un tambour tournant sur un axe horizontal, fait en fer doublé de plomb et à double paroi chauffée par la vapeur. On place la sciure de bois dans ce cylindre en y ajoutant un tiers de son poids d'acide sulfurique en dissolution

dans l'eau. On chauffe à 195 degrés centigrades, en faisant tourner lentement le tambour pour amener en conctact aussi intime que possible les divers éléments. Le gaz dégagé par la chaleur agit sur la cellulose et la transforme en sucre. L'opération dure trois heures; la pression à l'intérieur à cause du dégagement des gaz s'élève à 7 atmosphères et même plus.

L'acide sulfureux et la vapeur sont extraits du tambour et après avoir passé dans un condenseur sont envoyés dans la chambre à acide où se recueille environ 75 0/0 de l'acide sulfureux qui peuvent être utilisés de nouveau.

Le tambour une fois refroidi, on ouvre le couvercle qui le ferme et on extrait la matière contenue qui est semblable à du café moulu. Cette matière est composée de fibres de bois, de cellulose transformée en sucre et de diverses autres substances formées par l'action de l'acide et de la chaleur sur le bois. L'appareil d'épuisement se compose d'une série de cuves reliées par des tuyaux à robinets à une pompe permet d'y faire circuler les liquides provenant du traitement de la matière produite par l'eau. Quand la matière a subi dix lavages successifs, on la remplace par de la nouvelle.

La dissolution obtenue ainsi est envoyée dans un récipient où elle est neutralisée, puis dans un vase où se fait la fermentation sous l'action de levure. La fermentation commence bientôt et dès qu'elle est terminée, on envoie le produit dans l'alambic de distillation. On obtient paraît-il, de 1.000 kg de sciure, environ 225 litres d'alcool brut ou 110 d'alcool absolu.

COMPTES RENDUS

ANNALES DES PONTS ET CHAUSSÉES

2e TRIMESTRE DE 1906.

Notice sur le régime de **l'ancienne École des Ponts et Chaussées** et sur **sa transformation à partir de la révolution,** par M. DE DARTEIN, Inspecteur général des Ponts et Chaussées en retraite.

L'objet de cette étude n'est point de faire une histoire de l'ancienne École des Ponts et Chaussées, mais d'étudier le régime de cette école, régime institué par Trudaine et Perronet et maintenu par ce dernier, moyennant les développements nécessaires, jusqu'à l'époque de la Révolution. Constamment appliqué dans le même esprit, pendant la seconde moitié du XVIIIe siècle, ce régime s'est montré aussi heureusement approprié, dit l'auteur, au milieu social qu'habilement organisé pour produire des effets utiles et mémorables. La Révolution modifia profondément, tant par la transformation du milieu que par la création de l'École Polytechnique, les conditions d'existence de l'Ecole des Ponts et Chaussées. Le passage de l'ancien régime au nouveau s'est accomplit sous le directorat de Prony et n'a été complètement réalisé qu'en 1830.

L'auteur, dans ce travail très développé et très documenté, étudie successivement : les origines de l'Ecole, l'examen détaillé du fonctionnement de cette institution comprenant, les élèves, le recrutement, l'enseignement, les travaux, la discipline, l'avancement, les dépenses, etc., puis les caractères originaux de l'ancienne École, la transformation de celle-ci à partir de la Révolution et termine par une note très intéressante sur les locaux occupés par l'École des Ponts et Chaussées depuis sa fondation en 1847. Nous ne saurions omettre à ce sujet de rappeler que le local occupé par l'École de 1771 à 1788 se trouvait rue de la Perle, n° 1 au coin de la rue de Thorigny, c'est-à-dire dans le voisinage immédiat de l'hôtel qui fut plus tard occupé par l'École Centrale. Ce n'est qu'en 1895 que l'École s'est installée rue des Saints-Pères où elle est encore actuellement.

Les ports maritimes d'Italie, par le baron QUINETTE DE ROCHEMONT, Inspecteur général des Ponts et Chaussées et M. G. DE JOLY, Ingénieur des Ponts et Chaussées.

Les ports d'Italie sont classés, d'après la loi de 1885, en deux catégories dont la première comprend les ports et atterrages qui intéressent la sécurité de la navigation générale et sont utilisés uniquement ou principalement comme refuges ainsi que ceux qui intéressent la défense

militaire et la sécurité de l'État tandis que la seconde catégorie comprend les ports et atterrages qui servent essentiellement au commerce.

La première catégorie compte 42 ports de refuge dont deux seulement, Trapani et Venise ont une réelle importance au point de vue commercial. La seconde compte 319 ports dont 200 ne sont que des atterrages, où des opérations ne peuvent s'effectuer qu'à l'aide d'allèges et quand l'état de la mer le permet.

Le travail dont nous nous occupons étudie successivement : l'organisation administrative, les taxes perçues, le mouvement maritime et commercial, les éléments constitutifs et l'outillage de ces ports et consacre un chapitre spécial à ceux de Gênes, Naples et Venise.

Déplacement de la passerelle de Passy. Note de M. L. Biette, Ingénieur des Ponts et Chaussées.

On sait que cette passerelle, établie en 1878, servait à établir une communication pour les piétons entre les XVe et XVIe arrondissements on dût la déplacer de 29 m vers l'aval pour permettre la construction du viaduc du Métropolitain. La note donne les détails de l'opération et s'étend sur les calculs des efforts supportés par les poutres pendant le déplacement.

Application de la méthode des points alignés au tracé des paraboles de degrés quelconque, par M. Farid-Boulad, ancien élève de l'École des Ponts et Chaussées.

Captage de sources, dispositif adopté à Brest, note de M. Lidy, Ingénieur en chef des Ponts et Chaussées.

L'auteur expose qu'il a projeté et réalisé à Brest, entre 1885 et 1894, des procédés de captage basés sur les mêmes principes que ceux qui ont été employés plus tard pour les travaux de dérivation des sources du Loing et du Lunain et décrits dans une note de MM. Bechmann et Babinet insérée dans les *Annales*, du 3e trimestre de 1905.

Remarques sur **la construction du rayon de gyration,** par M. d'Ocagne, Ingénieur des Ponts et Chaussées.

SOCIÉTÉ DE L'INDUSTRIE MINÉRALE

Juillet 1906

District de Paris.

Réunion du 8 *Mars* 1906.

Communication de M. A. Gouvy, sur **la sidérurgie belge,** en 1905.

Dans cette communication, l'auteur donne d'abord quelques chiffres de statistique sur les productions de coke, fontes et aciers et étudie le

développement de l'industrie sidérurgique belge et les progrès réalisés dans les diverses branches. Il traite ensuite de l'application de l'électricité aux laminoirs et cite à ce sujet les installations faites par la Société internationale d'électricité à Liége. On peut réaliser une économie considérable par cet emploi, surtout lorsqu'on dispose de gaz de hauts fourneaux pour la production de la force.

Communication de M. Maillard, sur **la Métallurgie à l'Exposition de Liège.**

L'auteur passe en revue les produits métallurgiques exposés, moulages d'acier et de fonte, grosses pièces de forge, tôles d'acier embouties, tubes et produits laminés. Il signale les produits de l'électrométallurgie et d'intéressants modèles de fours électriques. Il estime que les faits saillants qui marquent cette Exposition sont : le développement considérable de l'acier moulé et des aciers spéciaux et l'avènement dans le domaine industriel de l'électro-métallurgie du fer.

Dispositifs de freinages multiples conjugués automatique, à main et à vapeur, avec combinaison de ralentissement et d'évite-molettes pour mines et carrières, système Laboulois.

L'objet principal de ces dispositifs est d'obtenir automatiquement l'arrêt des cages de manière à être à l'abri d'un oubli ou d'une absence d'esprit momentanée du mécanicien.

District de Saint-Étienne.

Réunion du 9 juin 1906.

Communication de M. Mortier sur **l'utilisation rationnelle des stations centrales d'électricité par l'élévation de l'eau et en particulier par l'épuisement des mines.** — Les stations centrales d'électricité n'ont à fournir toute leur puissance que pendant une fraction de la journée, le reste du temps il ne leur est demandé qu'un travail souvent minime. On pourrait utiliser la différence pour l'élévation de l'eau, l'assèchement des mines, l'alimentation des canaux etc. L'auteur expose les moyens à employer dans ce but, et dont le principal consiste dans l'usage de pompes susceptibles de proportionner leur couple résistant à la puissance disponible, pompes dont la note décrit plusieurs dispositions basées sur un débit et un couple résistant variables et qui peuvent être à pistons ou centrifuges. On peut ainsi, avec des moyens laissant peu de place à l'imprévu, réaliser des économies très considérables.

Communication de M. Jouguet sur **la Mécanique au Congrès de Liège.** — L'auteur s'occupe dans cette partie des Turbos-Machines. Il passe en revue les turbines à un seul disque (de Laval), les turbines à chute de pression (Parsons, Rateau) les turbines à chute de vitesse (Curtis, Riedler et Stumpf) les pompes centrifuges les ventilateurs et dit un mot des turbines à gaz.

AOUT 1906.

DISTRICT DE PARIS

Reunion du 10 mai 1906.

A l'occasion d'une visite de la Société de l'Industrie Minérale à l'Exposition de l'Office Colonial, il a été fait un certain nombre de communications dont nous donnons ci-dessous les titres avec le nom des auteurs.

Sur **l'Algérie et la Tunisie** à l'Exposition du Palais-Royal, par M. CHALON.

Les **mines de la Nouvelle-Calédonie** et leurs minerais, par M. DUPUY.

Bassin houiller de la Nouvelle Calédonie, par M. COLOMER.

Sur **quelques gisements d'or filoniens** de Madagascar, par M. DEGOUTIN.

Les **gîtes minéraux du Tonkin**, par M. COLOMER.

Statistique de la Guyane, par M. BEL.

Les mines d'or de Bong-Miu (Annam), par M. DEGOUTIN.

Le Laos, par M. BEL.

SOCIÉTÉ DES INGÉNIEURS ALLEMANDS

N° 36. — *8 septembre 1906.*

Le paquebot-poste belge à turbines, *Princesse Elisabeth* construit par la Société Cockerill.

Production et transport de la force dans les mines et la métallurgie par M. Hoffmann *(suite)*.

Machine à mâter par la Société de construction de machines Berlin-Anhalt, à Berlin, par M. K. Specht.

Groupe de Hambourg. Influence gyroscopique d'un volant tournant à bord d'un navire.

Revue. — Rôles et activités comparés de l'American Railway Association et du Verein Deutscher Eisenbahnverwaltung. — Essais au frein sur un moteur de 2 chevaux de la fabrique de moteurs à gaz de Deutz — La fontaine de Papin à Cassel et la légende du bateau à vapeur de Papin.

N° 37. — *15 septembre 1906.*

Notice nécrologique sur Max Eyth.

Le paquebot-poste belge à turbines *Princesse Élisabeth*, construit par la Société Cockerill *(suite)*.

Les machines motrices à l'Exposition germano-bohême, à Reichenberg, par M. K. Körner.

Production et transport de la force dans les mines et la métallurgie, par M. Hoffmann *(suite)*.

Les turbines à vapeur par A. Rateau.

Groupe de Dresde. — Expériences sur un système de chauffage fumivore.

Groupe de Cologne. — La distribution d'eau de la ville de Cologne, et notamment la nouvelle installation de Hochkirchen.

Groupe de Poméranie. — Transmission par bielle et manivelle.

Groupe de Siegen. — L'eau potable au point de vue de l'hygiène et les barrages des réservoirs.

Bibliographie. — Les théories électriques, par Holzmuller. — Les écrits de Leibnitz sur la physique, la mécanique et les applications de ces sciences, par E. Gerland.

Revue. — Conduites à haute pression des installations électriques de Lucerne-Engelberg. — Distribution des machines à river hydrauliques.

N° 38. — 22 *septembre* 1906.

Production et transport de la force dans les mines et la métallurgie, par H. Hoffmann *(suite)*.

Les turbines à vapeur, par A. Rateau *(fin)*.

Le paquebot-poste belge à turbines, *Princesse Élisabeth*, construit par la Société Cockerill *(fin)*.

Locomotives pour courbes de petit rayon, par R. von Helmholz.

Groupe du Rheingau. — La superstructure des chemins de fer.

Revue. — Grue tournante de la fabrique de machines de Duisburg. — Locomotives 3/5 à grande vitesse des chemins de fer prussiens avec surchauffeur Schmidt. — Dynamos à courants alternatifs avec réglage Heyland. — Elevation d'eau avec moteur Diesel.

N° 39. — 29 *septembre* 1906.

Notice nécrologique sur Richard Cramer.

Les machines motrices à l'exposition nationale bavaroise à Nuremberg, par H. Dubbel.

Expériences sur l'épuisement de l'eau au puits Franziska à Witten.

Production et transport de la force dans les mines et la métallurgie, par H. Hoffmann *(suite)*.

Progrès récents dans les industries des ciments, chaux, phosphates et alcalis, par C. Marke.

Groupe de Francfort. — Le rendement des machines et la possibilité de l'améliorer par des modifications dans la construction.

Groupe de Lausitz. — Le travail des femmes dans l'industrie en Saxe.

Bibliographie. — La construction métallique, par M. Förster.

Revue. — Grue tournante et roulante de la fabrique de machines de Duisburg. — Éclissage de rails système Scheinig et Hoffmann. — Origine du terme Ingénieur. — Les omnibus à moteur à Londres. — Locomotives à surchauffe sur les chemins de fer prussiens-hessois.

N° 40. — 6 *octobre* 1906.

Grue fixe de 150 tonnes de la fabrique de Duisburg, par A. Böttcher.

Gare de Pittsburgh du Pittsburgh and Lake Erie R. R., par E. Giese et Blau.

Nouveautés dans les appareils de transport en Amérique, par G. von Hauffstengel *(fin).*

L'enseignement des mathématiques et des sciences naturelles dans les écoles supérieures, par A. Gutzmer.

Groupe de Carlsruhe. — Le clavetage des pièces sur les arbres.

Bibliographie. — Diagrammes d'indicateur rapportés à la circonférence de la manivelle et au temps, par A. Wagener.

Revue. — Industrie des automobiles en Italie. — Les cheminées d'usine en Prusse et la circulaire ministérielle, du 30 avril 1902. — Dangers des tuyaux en cuivre pour les conduites de vapeur à haute pression. — Installation pour la destruction des immondices avec fours Dörr à Wiesbaden.

N° 41. — 13 *octobre* 1906

Installations de condensation, compresseurs et pompes à l'Exposition nationale bavaroise à Nuremberg, par O.-H. Mueller *(fin).*

Nouvelles recherches calorimétriques sur les matières calorifuges, par H. Benisch et A. Andersen.

Production et transport de la force dans les mines et la métallurgie, par H. Hoffmann *(fin).*

Progrès récents dans les industries de ciment, des chaux, phosphates et alcalis, par C. Marke *(fin).*

Fêtes du cinquantenaire du groupe de Rhin inférieur à Dusseldorf le 15 septembre 1906.

Revue. — Les explosions de chaudières dans l'empire allemand en 1905. — Construction de la Compagnie Singer à New-York. — Reconstruction de deux ponts sur l'Elbe.

N° 42. — 20 *octobre* 1906.

Notice nécrologique sur Gustave Nimax.

Développement de l'emploi en Allemagne de l'acier pour travail rapide, par O. Thallner.

Grue fixe de 150 tonnes de la fabrique de machines de Duisburg, par A. Böttcher *(fin)*.

Dispositifs de graissage pour machines marines, par C. Strebel.

Les machines motrices à l'Exposition germano-bohême à Reichenberg, par K. Körner *(suite)*.

Les crises commerciales, leurs causes et les moyens de les prévenir, par Fletchner.

Rendement des ventilateurs et pompes centrifuges, par L. Schütt.

Groupe de Breslau. — Moyens de combattre la poussée axiale des pompes centrifuges à haute pression.

Bibliographie. — La métallographie, par P. Goerens.

Revue. — Distribution par soupapes de Lentz pour machines marines. — Travaux d'art du Denver and Rio Grande R. R. — Déchargement automatique aux Mines de Béthune. — Le navire aérien du comte Zeppelin.

Pour la Chronique et les Comptes rendus :

A. Mallet.

BIBLIOGRAPHIE

Ire SECTION

Résistance des matériaux appliquée aux constructions, méthodes pratiques par la statique graphique, par M. E. Aragon, ingénieur des Arts et Manufactures, vol. II (1).

Ce volume est la suite de celui du même auteur paru, en 1904, dans la même collection : *Bibliothèque du conducteur de travaux publics;* il est consacré à l'étude des poutres à travées solidaires, du lançage des ponts, des arcs, des ponts suspendus, et au calcul de quelques pièces de machines usuelles.

La méthode graphique y est appliquée avec élégance à l'étude des poutres continues à charges fixes et uniformément variables. On a recours, pour le cas des charges mobiles, à la méthode dite des lignes d'influence, illustrée, dans cet ouvrage, par des applications très intéressantes. L'étude des arcs à deux et à trois articulations y est aussi poussée à fond.

Dans le chapitre consacré aux accessoires divers, je signalerai tout particulièrement l'étude des réservoirs métalliques pour liquides, qui pourrait être avantageusement complétée, dans une future édition, par celle des réservoirs pour substances granulaires, tels que les silos des élévateurs à grains, dont on ne trouve le calcul que dans des mémoires dispersés.

L'ouvrage de M. Aragon se recommande, comme son prédécesseur, par une clarté qui en rend la lecture facile même aux personnes peu familiarisées avec les mathématiques; nous lui souhaitons avec confiance un succès bien mérité.

G. R.

IIIe SECTION

L'électrométallurgie des fontes, fers et aciers, par M. C. Matignon (1).

Le livre que présente M. Matignon est la reproduction d'articles qu'il a publiés, il y a peu de mois, dans la *Revue Scientifique*.

Bien qu'il emprunte la plupart des données de l'important rapport de la Commission canadienne, dont nous avons rendu compte il y a peu de temps, ce petit volume présente un certain intérêt. Il renferme, en effet, quelques données — un peu vagues, il est vrai — sur la fabrication des

(1) In-16, 185 × 120 de VIII-752 p. avec 752 fig. Paris, H. Dunod et E. Pinat, 1906, prix relié 15 fr.

(1) In-8°, 255 × 165 de VIII-93 pages avec 37 fig. Paris, H. Dunod et E. Pinat, 1906. Prix : broché, 4,50 f.

alliages ferrométalliques et la description de quelques procédés créés récemment, et dont ne parle pas la Commission canadienne, notamment les procédés Girod.

Si l'on est heureux d'y trouver les résultats mis en vue à l'Exposition de Liège, on regrette de n'y rencontrer aucune donnée personnelle, notamment en ce qui concerne la qualité des produits obtenus au four électrique.

Ce livre n'est, en somme, qu'un résumé du rapport canadien, accompagné de quelques faits nouveaux tirés de l'Exposition de Liège.

LÉON GUILLET.

Procédé et machines au jet de sable, par M. Georges FRANCHE (1).

Cette étude est très intéressante. L'auteur y expose la technique du procédé, principe, choix du sable, de la pression du fluide moteur, dont l'effet ne croît pas constamment avec l'élévation, mais atteint un maximum pour une valeur relativement faible, variable avec le corps entraîné, les conditions d'incidence, etc.

Il décrit ensuite le matériel employé, les effets mécaniques obtenus sur les diverses substances, et signale de très nombreuses applications, au travail du verre, de la fonte, des métaux, des pièces d'orfèvrerie, l'emploi du jet de sable pour les plus délicats travaux de la photographie et pour les vastes opérations, comme le nettoyage des plus grandes surfaces.

Il montre clairement l'avantage des mélangeurs, où le sable est maintenu à la pression du fluide et s'écoule doucement dans celui-ci. Le sable acquiert, d'autant plus facilement, la vitesse du fluide qui l'entraine, qu'il est plus naturellement en contact avec le courant et non projeté dans celui-ci, par un organe indépendant.

Cet ouvrage fait bien comprendre les merveilleux résultats que l'on obtient d'un procédé si ingénieux dont les applications se multiplient chaque jour.

J. DESCHAMPS.

La surchauffe appliquée à la machine à vapeur d'eau, par M. François SINIGAGLIA. Mémoire présenté au Congrès International de Mécanique à l'exposition de Liège 1905.

Ce savant ouvrage débute par un exposé historique, où M. Sinigaglia montre le génie de Hirn devançant son époque et signalant, déjà, l'avantage du procédé qui amène de la chaleur dans l'intérieur du cylindre plus utilement qu'on ne peut le faire par l'enveloppe. Il compare le bénéfice de la surchauffe aux autres perfectionnements récents de la machine à vapeur, et montre que les uns et les autres ne s'excluent pas.

Il insiste sur les précautions à garder, pour évaluer l'économie de la

(1) In-4°, 320 × 225 de 85 p. avec 71 fig. Paris, Vve Ch. Dunod, 1905, prix broché 6 fr.

surchauffe, non en poids de vapeur dépensée, mais en poids de charbon consommé, cite un grand nombre d'expériences et leurs résultats.

Dans des chapitres spéciaux, il examine le réchauffage, au moyen de la vapeur surchauffée, des receivers, qui permet d'étendre le bénéfice aux cylindres à basse pression où la surchauffe est le mieux utilisée, l'application aux machines demi-fixes Wolf, aux locomotives, machines marines et turbines à vapeur.

Les conclusions sont à retenir. Il dit de la surchauffe :

« Son emploi est le moyen le plus puissant d'amélioration thermique parmi tous ceux qu'indiquent la théorie et la pratique », en faisant toutefois, en savant consciencieux, cette réserve que, dans une installation de machine à vapeur, tout se tient : chaudières, conduites, surchauffeurs, moteurs, condenseurs, etc., et que la transformation, bonne en soi, d'une partie de l'ensemble peut donner, au total, un résultat défectueux, si l'harmonie est détruite.

J. Deschamps.

Ve SECTION.

Analyse chimique industrielle, sous la direction de G. Lunge, professeur au Polytechnicum de Zurich, traduit sur la 5e édition allemande, par Em. Campagne, ingénieur-chimiste. Premier volume : *Industries minérales* (1).

Ce traité d'analyse industrielle est une traduction partielle de l'ouvrage de G. Lunge, avec le concours de collaborateurs techniques, sous le titre de *Chemisch technische Untersuchungs methoden*.

Les monographies contenues dans le premier tome de la traduction française sont extraites des deux premiers volumes de l'édition allemande et consacrées aux produits minéraux : elles forment dix chapitres distincts, savoir :

Les argiles et les produits d'alumine, par Ph. Kreiling et K. Dummler.
Les sels d'alumine, par G. Lunge.
L'industrie des mortiers, par Carl Schoch.
Le verre, par E. Adam.
Le goudron de houille, par H. Köhler.
La fabrication du gaz ammoniac, par O. Pfeiffer.
Les dérivés du cyanogène, par H. Freudenberg.
Le carbure de calcium et l'acétylène, par G. Lunge.
La fabrication des alumettes, par W. Jettel.
Les explosifs, par O. Guttmann.
Les couleurs minérales, par R. Guehm.

Quoique rédigées par des techniciens différents, les monographies qui précèdent dérivent du même processus : 1° l'analyse des matières premières ; 2° le contrôle des différentes phases de la fabrication ; 3° les méthodes d'essai des produits fabriqués. Dans chacun de ces exposés, et principalement dans les méthodes d'analyse, les auteurs ont joint à leur

(1) In-8°, 250 × 160 de vii-639 pages avec 105 fig. Paris, H. Dunod et E. Pinat, 1906. Prix : broché, 22,50 f.

développement des aperçus pratiques appréciables par les chefs d'usine pour la conduite de leurs opérations industrielles.

La traduction de M. Em. Campagne est claire, et le second volume, actuellement en préparation, consacré uniquement aux industries organiques, doit justifier auprès de l'industrie française le succès que vient de trouver chez nos voisins la cinquième édition de l'ouvrage de G. Lunge.

Ed. C.

IVe SECTION

Construction des induits à courant continu. Partie mécanique, par Brunswick et Alliamet (1).

Le présent volume fait suite à deux autres que les auteurs ont antérieurement consacrés à l'exposé des règles de bobinage et à l'exécution pratique des enroulements d'induits à courant continu. MM. Brunswick et Alliamet y traitent du calcul et du dimensionnement des pièces constituant la partie mécanique d'un induit : noyau d'armature, croisillon, collecteur. Ils recommandent d'appliquer aux aciers et tôles d'induits, l'examen métallographique qui, d'après leur expérience personnelle, semblerait devoir renseigner rapidement et avec assez de certitude sur la valeur magnétique de ces matériaux.

P. S.

Les piles sèches et leurs applications, par A. Berthier (1).

Ces piles, fort improprement appelées piles sèches, ne sont que des piles humides à liquide immobilisé. Longtemps délaissées, elles sont appliquées aujourd'hui à l'allumage des moteurs à explosion, et à l'éclairage de poche.

Dans cet intéressant petit ouvrage, qui fait suite à ses deux autres volumes sur les piles et accumulateurs légers, l'auteur étudie successivement : les piles sèches à liquide excitateur salin ; les piles sèches à liquide alcalin ; les dispositifs particuliers, et leurs applications.

P. S.

(1) In-8°, 190 × 120 de 173 pages avec 35 fig. Paris, Gauthier-Villars, Masson et Cie, 1906. Prix : broché, 2,50 f.

(1) In-8°, 190 × 130 de 140 pages avec 47 fig. Paris, H. Desforges, 1906. Prix : broché, 1,75 f.

Le Secrétaire Administratif, Gérant,

A. de Dax.

IMPRIMERIE CHAIX, RUE BERGÈRE, 20, PARIS. — 16560-10-06. — (Encre Lorilleux)



MÉMOIRES

ET

COMPTE RENDU DES TRAVAUX

DE LA

SOCIÉTÉ DES INGÉNIEURS CIVILS DE FRANCE

BULLETIN

DE

NOVEMBRE 1906

N° 11.

OUVRAGES REÇUS

Pendant le mois de novembre 1906, la Société a reçu les ouvrages suivants :

Agriculture.

HUBERT (P.). — *Le cocotier. Établissement de cocoteries. — Coprah. — Huiles brutes et épurées. — Beurre végétal. — Dessicated coconuit. — Fibres. — Devis d'installation. — Étude industrielle. — Commerce*, par Paul Hubert (Bibliothèque pratique du colon) (in-8°, 205 × 130 de XIII-135 p. avec 39 fig.). Paris, H. Dunod et E. Pinat, 1906. (Don des éditeurs.) 44648

Chemins de fer et Tramways.

BRICKA (C.). — *Cours de chemins de fer professé à l'École Nationale des Ponts et Chaussées*, par C. Bricka. *Tomes I et II* (Encyclopédie des Travaux publics fondée par M.-C. Lechalas) (2 vol. in-8°, 255 × 165 de VIII-634 p. avec 326 fig. et de 709 p. avec 177 fig.). Paris, Gauthier-Villars et fils, 1894. 44620 et 44621

Chambre syndicale des fabricants et des constructeurs de matériel pour chemins de fer et tramways. Annuaire 1906-1907 (in-8°, 220 × 185 de 453-16-XVI p.). Paris, 63, boulevard Haussmann. 44653

Graux (Dr L.). — *Hygiène des métropolitains souterrains.* Rapport présenté au 11e Congrès international d'assainissement et de salubrité de l'habitation, par le Docteur Lucien Graux (in-8°, 235 × 155 de 20 p.). Paris, J. Rousset, 1906. 44644

Ladame (J.). — *Simplon. Gemmi. Löetschberg. Critiques,* par James Ladame. Deuxième édition (in-8°, 240 × 160 de 7 p.). Neuchâtel, Mlle Mollet, Octobre 1906. (Don de l'auteur.) 44636

Os Caminhos de ferro em Portugal 1856-1906. Synopse (Associação dos Engeinheiros Civis Portuguezes) (in 8°, 225 × 145 de 38 p. avec 1 pl.) (Da Revista de Obras pùblicas e minas. Tom. XXXVII. Nos 439 à 441). Lisboa, Imprensa nacional, 1906. 44629

Chimie.

Hatt (W.-K.). — *Experiments on the strength of treated timber,* by W. Kendrick Hatt (U. S. Department of Agriculture. Forest Service. Circular 39) (in-8°, 230 × 150 de 31 p.). Washington, 1906. (Don de U. S. Department of Agriculture.) 44618

Pécheux (H.). — *Le salpêtre et les azotates. Les explosifs. Les phosphates. les engrais, le phosphore, l'acide phosphorique, les allumettes,* par H. Pécheux (Encyclopédie technologique et commerciale. IV Les produits chimiques. N° 14) (in-16, 190 × 135 de 96 p. avec 19 fig.). Paris, J.-B. Baillière et fils, 1906. (Don des éditeurs.) 44651

Construction des machines.

The Manchester Steam Users' Association. Memorandum by Chief Engineer for the year 1905 (in-8°, 245 × 155 de 51 p.). Manchester, Taylor, Garnett, Evans and C° Limited, 1906. 44633

Économie politique et sociale.

Compagnie générale des Voitures à Paris. Assemblée générale annuelle du 28 avril 1906. Rapport du Conseil d'Administration sur les comptes de l'exercice 1905 (in-4°, 310 × 240 de 22 p. avec 11 tableaux). Paris, Maulde, Doumenc et Cie, 1906. 44635

Gautier (F.). — *Chili et Bolivie. Étude économique et minière,* par Ferdinand Gautier (in-8°, 225 × 140 de vi-230 p.). Paris, E. Guilmoto, 1906. (Don de l'éditeur.) 44645

March (L.). — *Tables de mortalité de la population de la France au début du XXe siècle.* Communication faite à la Société de statistique de Paris, séance du 20 juin 1906, par Lucien March (in-8°, 280 × 180 de 51 p. avec 8 fig. et 1 graphique). Paris et Nancy, Berger-Levrault et Cie, 1906. (Don de l'auteur, M. de la S.). 44623

Société de secours des Amis des Sciences. Compte rendu du quarante-neuvième exercice. Quarante-troisième séance publique annuelle tenue le 26 avril 1906, au Cercle de la Librairie (in-8°, 210 × 135 de 103 p.). Paris, Gauthier-Villars, 1906. 44632

Statistique annuelle des Institutions d'assistance. Année 1904 (République Française. Ministère du Commerce, de l'Industrie et du Travail. Direction du Travail. Statistique générale de la France) (in-8°, 255 × 175 de vi-103 p.). Paris, Imprimerie nationale, 1906. 44613

Statistique annuelle du Mouvement de la population. Année 1904. Tome XXXIV. (République Française. Ministère du Commerce, de l'Industrie et du Travail. Direction du Travail. Statistique générale de la France) (in-8°, 265 × 175 de xl-598 p.). Paris, Imprimerie nationale, 1906. 44634

Électricité.

Hobart (H.-M.) et Achard (F.). — *Moteurs électriques à courant continu et alternatif. Théorie et construction*, par H.-M. Hobard. Édition remaniée et augmentée. Traduit de l'anglais, par F. Achard (in-8°, 285 × 190 de viii-449 p. avec 526 fig. et 2 pl.). Paris. H. Dunod et E. Pinat, 1906. (Don des éditeurs.) 44646

Marie (C.), Moissan (H.) et Noël (G.). — *Manuel de manipulations d'électrochimie*, par C. Marie. Préface de H. Moissan. Données numériques résumées, par M. G. Noël (in-8°. 255 × 165 de xi-166 p. avec 57 fig.). Paris, H. Dunod et E. Pinat, 1906. (Don des éditeurs.) 44647

Pécheux (H.). — *Traité de manipulations et de mesures électriques et magnétiques industrielles*, par H. Pécheux (Encyclopédie industrielle) (in-16, 185 × 115 de 536 p. avec 189 fig.). Paris, J.-B. Baillière et fils, 1906. (Don des éditeurs.) 44654

Séligmann-Lui. — *Bases d'une théorie mécanique de l'électricité*, par M. Séligmann-Lui (Extrait des Annales des Mines, livraisons de mai et de juin 1906) (in-8°, 225 × 140 de 208 p. avec 47 fig.). Paris, H. Dunod et E. Pinat, 1906. (Don des éditeurs.) 44650

Législation.

XXXVII. Adressverzeichnis der Mitglieder Gesellschaft ehemaliger Studierender der Eidg. polytechnischen Schule in Zürich. Herausgegeben im Auftrage des Vorstandes im August 1906 (in-8°, 255 × 155 de 56 p.). Zürich, Druck von Zuchli et Beck, 1906. 44638

Anhang zum XXXVII. Adressverzeichnis der Gesellschaft ehemaliger Studierender des Eidgenössischen Polytechnikums in Zürich (in-8°, 255 × 155 de 62 p.). July 1906. 44639

Bulletin de l'Association française pour la protection de la Propriété industrielle. Troisième volume. Troisième partie. Assemblées générales 1903-1904-1905-1906 (in-8°, 240 × 155 de 154 p.). Paris, Siège social, 1906. 44622

The Institution of Electrical Engineers. List of Officers and Members. Corrected to August 31 st. 1906 (in-8°, 210 × 135 de 218 p.). London. 44616

Métallurgie et Mines.

COLOMER (F.). — *Recherches minières.* Guide pratique de prospection et de reconnaissance des gisements, à l'usage des Ingénieurs et des Propriétaires de mines, suivi de Notions abrégées sur l'emploi dans l'industrie des minéraux les plus usuels, par Félix Colomer. Deuxième édition augmentée d'un supplément (in-8°, 225 × 140, de VIII-311 p. avec 122 fig.). Paris, H. Dunod et E. Pinat, 1906. (Don des éditeurs.) 44649

Comité des Forges de France. Annuaire 1906-1907 (in-8°, 220 × 135 de XLVIII-660-IV-49 p.). Paris, 63, boulevard Haussmann. 44630

JÜNGST (Dr). — *Arbeitslohn und Unterchmergewinn im rheinisch-westfälischen Steinkohlenbergbau* von Dr. Jüngst (Sonderdruck aus Nr 37-40, 1906, Glückauf) (in-4°, 285 × 220 de 34 p. à 2 col. et 7 graphiques). Essen, Selbft-Verlag des Vereins für die bergbaulichen Interessen im Oberbergamtsbezirk. Dortmund zu Essen. (Don de l'éditeur.) 44619

Navigation aérienne, intérieure et maritime.

BOILÈVE (V.). — *Sud-Ouest navigable. Compte rendu du Congrès de Bergerac*, par M. V. Boilève. Septembre 1906 (in-8°, 205 × 125 de 52 p.). Béziers, Imprimerie F. Calmels. (Don de l'auteur, M. de la S.). 44641

MONCRIEFF (J.-M.). — *Commercial Dry Docks*, by J. Mitchell Moncrieff (Excerpt Minutes of Proceedings of the North-East Coast Institution of Engineers and Shipbuilders. Vol. XXII. 1905-1906) (in-8°, 245 × 153 de 72 p. avec 9 pl.). Newcastle-upon-Tyne and London, Andrew, Reid and Company, 1906. (Don de l'auteur.) 44617

WEY (J.). — *Memorial zum Diepoldsauer Durchstich der internationaler Rheinregulierung Bericht erstattet im Auftrag der h. Regirung des Kantons St. Gallen*, von J. Wey (in-4°, 293 × 215 de 99 p. avec 26 pl.). St. Gallen, Zollikofer et Cie, 1906. (Don de Rheinbaubureau, Rorschach.) 44624

Physique.

The National Physical Laboratory. Collected Researches. Vol. I (in-4°, 300 × 225 de 279 p.). 44643

The National Physical Laboratory. Report for the year 1905 (in-8°, 260 × 185 de 57 p.). Teddington, Parrott and Ashfield, 1906. 44642

Sciences mathématiques.

GÉRARD (G.-L.). — *Calcul de la résistance au vent des colonnes supportant des fermes métalliques*, par Gustave-L. Gérard. Communication faite à l'Association des Ingénieurs sortis de l'École de Liége (Section de Liége) le 1er avril 1906 (Extrait de la Revue universelle des Mines, etc., tome XV, 4e série page 123, 50e année, 1906) (in-8°, 245 × 160, de 73 p. avec 8 fig.). Liége, Paris, H. Le Soudier, 1906. (Don de l'auteur.) 44625

Technologie générale.

Anales de la Asociación de Ingenieros y Arquitectos de Mexico. Tome XIII (in-8°, 240 × 175 de 311 p. avec pl.). Mexico, Imprenta et Fototipia de la Secretaria de Fomento, 1905. 44655

Association française pour l'avancement des Sciences. Compte rendu de la 34e session. Cherbourg 1905. Notes et Mémoires (in-8°, 245 × 150 de 1120 p. avec 1 plan de Cherbourg et 6 planches). Paris, au Secrétariat de l'Association, 1906. 44626

Dreiundvierzigstes Bulletin der Gesellschaft ehemaliger Studierender des Eidgenössischen Polytechnikums in Zürich Dezember 1906 (in-8°, 225 × 155 de 63 p.). 44640

Exposition de Milan 1906. Société de perfectionnements mécaniques, 43, rue Taitbout, Paris (une brochure 135 × 215 de 16 p. à 2 col. avec 11 fig.) en français, en anglais, en italien et en allemand. (Don de M. J. Rueff, M. de la S.). 44628

Minutes of Proceedings of the Institution of Civil Engineers; with other selected and abstracted Papers. Vol. CLXV. 1905-1906. Part. III (in-8°, 215 × 135 de VIII-468 p. avec 8 pl.). London, Published by the Institution, 1906. 44637

Picard (A.). — *Exposition universelle internationale de 1900 à Paris. Le Bilan d'un siècle (1801-1900)*, par M. Alfred Picard. *Tome deuxième. Mécanique générale. Électricité. Génie civil et Moyens de transport* (République Française. Ministère du Commerce, de l'Industrie et du Travail) (in-8°, 285 × 195 de 406 p.). Paris, Imprimerie nationale, 1906. (Don de l'auteur, M. de la S.). 44631

Répertoire des fournisseurs de l'armée, de la marine et des travaux publics. Publication annuelle 1906 (in-8°, 275 × 185 de 544 p.). Paris, Librairie de Publications officielles. 44627

The Institution of Mechanical Engineers. Proceedings, 1906. Parts 1-2 (in-8°, 215 × 135 de XXVIII-360 p. avec 39 pl.). London, Published by the Institution. 44652

The Journal of the Iron and Steel Institute. Vol. LXX. N° II. 1906 (in-8°, 220 × 140 de X-323 p. avec LVI pl.). London, E. and F.-N. Spon, 1906. 44614

Transactions of the North-East Coast Institution of Engineers and Shipbuilders. Vol. XXII. Twenty-second session. 1905-1906 (in-8°, 245 × 155 de XLIII-260 p. avec XXVIII pl.). Newcastle-upon-Tyne and London, Andrew, Reid and Company, 1906. 44615



MEMBRES NOUVELLEMENT ADMIS

Les Membres nouvellement admis pendant le mois de novembre 1906, sont :

Comme Membres Sociétaires Titulaires, MM.

A.	Attal.	présenté par MM.	Campagne, Chabal, Pérot.
A.-V.	Bodin.	—	Chenut, A. Dumas, Destabeau.
A.-L.	Caillet.	—	Campagne, Schuhler, de Dax.
L.-J.	Chapelle,	—	Clavel, A. Lemoine, Pinchart-Deny.
G.	de Contenson,	—	Arrault, Bergeron, Bouzanquet.
A.	Crozet.	—	Cornuault, Lacaze, Lorrain.
A.	Dastarac.	—	Foiret, A. Gouvy, Mouchelet.
E.	Deville,	—	Bernaville, Escande, Michault.
P.	Girod,	—	Masson, Hillairet, Guillet.
L.-F.	Guesdon.	—	de Fréminville, L.-J. Petit, Panhard.
A.-L.	Helwig.	—	Bradon, Flicoteaux, Lordier.
G.-E.	Houplain.	—	Masson, Pifre, J. Deschamps.
E.	de Loisy,	—	Cottavoz, Lencauchez, de Richemond.
A.	Pinel Peschardière,	—	Beau, P. Blanc, de Dax.
H.	Sire de Vilar.	—	Buquet, Hegelbacher, Guillet.
J.	Verdier.	—	Cornuault, Gallois, Clerc.

Comme Membres Sociétaires Assistants, MM. :

J.	Peridier,	présenté par MM.	Hillairet, Guillet, Masson.
L.	Sol,	—	Hillairet, Hamet, de Dax
M. L.	Stampa.	—	Gauthier-Lathuille, Vanlaethem, A. Sée.

Comme Membres Associés, MM.

E.	Marc,	présenté par MM.	Bouichou, Criner, A. Imbert.
J.	Wagener.	—	A. Gouvy, Bonehill, Restout.

RÉSUMÉ

DES

PROCÈS-VERBAUX DES SÉANCES

DU MOIS DE NOVEMBRE 1906

PROCÈS-VERBAL

DE LA

SÉANCE DU 2 NOVEMBRE 1906

PÉSIDENCE DE M. A. HILLAIRET, PRÉSIDENT.

La séance est ouverte à 8 heures trois quarts.

Le Procès-verbal de la précédente séance est adopté.

M. LE PRÉSIDENT dépose sur le Bureau la liste des ouvrages reçus. Cette liste sera insérée dans l'un des prochains Bulletins.

M. A. LARNAUDE a la parole pour sa communication sur *les Récentes lampes à incandescence*.

M. LARNAUDE rappelle d'abord les principes de fabrication des lampes électriques à incandescence et indique les perfectionnements qui ont été apportés à cette fabrication. Il insiste sur les avantages qu'il y a à employer ces lampes, en les faisant fonctionner à un régime voisin de 2, 5 watts par bougie, et fait remarquer que l'emploi des lampes, à ce régime, n'est avantageux qu'à la condition expresse de les remplacer aussitôt que leur intensité lumineuse a baissé de 20 0/0 sur l'intensité initiale.

Il parle ensuite des nombreuses tentatives qui ont été faites pour améliorer le rendement des lampes électriques à incandescence, en appliquant des procédés analogues à ceux utilisés pour les manchons des becs d'éclairage au gaz; il montre qu'on ne peut arriver à un résultat réellement utile qu'en construisant un filament de composition homogène dans toute sa masse, très peu fusible et pouvant, sans se dissocier, supporter des températures très élevées.

Après avoir rappelé que la lampe Nernst fut la première lampe élec-

trique à incandescence marchant normalement à un régime de 1, 5 watt par bougie, il en montre les inconvénients d'emploi, résultant en particulier de la nécessité d'un appareil d'allumage.

Il s'étend plus longuement sur les lampes à filament métallique, donnant des détails sur la fabrication des deux types de ces lampes qui paraissent être sorties actuellement de la période d'essai : la lampe Auer à l'osmium et la lampe Siemens au tantale. Il fait ressortir les avantages de fabrication et d'emploi de cette dernière lampe.

Puis il indique les difficultés spéciales relatives à la fabrication des lampes de haut voltage devant fonctionner sur des réseaux de 200 à 250 volts, et ajoute que ces lampes sont actuellement fabriquées d'une façon courante avec des filaments de carbone; il est nécessaire de les utiliser à un wattage supérieur à celui des lampes de 110 volts.

Il fait remarquer les difficultés qu'il y aura à construire des lampes à filament métallique pouvant être placées directement sur ces réseaux.

En terminant, il ajoute que, tout en souhaitant la réalisation pratique des lampes devant marcher à un régime de 1 watt et même 1/2 watt par bougie, lampes annoncées de différents côtés, il croit qu'il est bon d'attendre qu'elles soient sorties du domaine du laboratoire et construites industriellement avant d'escompter les avantages qu'elles pourront procurer.

M. le Président remercie M. Larnaude de son exposé des conditions de fonctionnement des lampes à incandescence usuelles, et rappelle que celles-ci, depuis leur apparition, ont subi une baisse de prix presque sans exemple dans l'industrie : des lampes à incandescence ayant figuré à l'exposition de 1881 ont été achetées à cette époque jusqu'à 30 f l'une, tandis que le prix de vente unitaire est actuellement descendu jusqu'à 0,40 f.

La lampe à filament de carbone, encore la plus répandue, est restée plus de vingt ans sans rivale. La lampe à filament de tantale, puis les lampes Nernst et les lampes à osmium ont, dans l'ordre ci-dessus, des applications plus restreintes.

L'expérience personnelle de M. Larnaude donne une valeur particulière aux renseignements qu'il vient de communiquer.

M. P. Besson a la parole pour sa communication sur *le Quatrième état de la matière : Ionisation et Radioactivité.*

M. Besson dit qu'après les trois communications qu'il a présentées devant la Société en 1901, 1903, 1905, il a cru nécessaire de traiter un sujet plus général, puisqu'on pensait maintenant que la radioactivité était la propriété de tous les corps, soit spontanément, soit sous l'action de causes diverses. Faraday avait eu, en 1816 et en 1819, le pressentiment d'un quatrième état de la matière, aussi distant de l'état gazeux que cet état l'est de la fluidité, état qu'il appela radiant. La matière radiante a été observée par Crookes dans les ampoules qui portent son nom et où règne un vide de 1/1 000e de millimètre de mercure. M. Besson fait voir toute une série de tubes de Crookes mis à sa disposition par son camarade et collègue M. Ancel, et que ce dernier fait fonctionner. On voit

que la matière radiante marche en ligne droite, qu'elle exerce une action mécanique, qu'elle détermine des ombres, qu'elle est déviée par un courant, qu'elle rend phosphorescentes certaines substances et qu'elle est capable, lorsqu'elle est arrêtée, de produire de l'énergie calorifique.

La dénomination de *ion* a été introduite dans la science par Arrhénius pour expliquer les phénomènes de l'électrolyse, les molécules d'un sel en solution étant divisées en ions; ces ions, positifs pour le métal, négatifs pour le radical, possèdent des charges d'électricité égales et de sens contraire, égales à 96 600 coulombs par valencegramme. Le champ électrique qui règne entre l'anode et la cathode produit le déplacement des ions.

L'atome avec sa charge est appelé *ion*, la charge de l'atome monovalent est l'atome d'électricité ou *électron*. M. Besson parle de la propriété des ions et électrons électrolytiques; il montre le calcul du coefficient électrochimique de l'hydrogène $\frac{e}{m}$. Il indique que la théorie des ions a été étendue à la matière elle-même, qui serait formée d'électrons positifs et d'électrons négatifs. Il parle rapidement des travaux de Larmer, Lorentz, Leemann et de la théorie de Jean Perrin qui considère la matière comme étant formée d'électrons négatifs tournant autour d'un ou plusieurs électrons positifs.

Il fait voir quelques causes d'ionisation des gaz, production d'un gaz naissant, combustion, l'ionisation dans les ampoules de Crookes, la production des rayons de Lénard.

La radioactivité produit spontanément l'ionisation; le radium dégage deux rayonnements d'origine corpusculaire, les rayons α et β, les premiers semblables aux rayons canaux des ampoules de Crookes, les seconds analogues aux rayons cathodiques. Les corps radioactifs sont des corps à fort poids atomique, par ce fait instables et en voie de décomposition. Le radium subit une série de transformations et devient de l'hélium. Parlant des expériences de Landolt et de Heydweiler, il pense qu'il n'est pas étonnant que chaque réaction chimique soit accompagnée d'une très faible perte de poids, il y a ionisation, par suite passage au quatrième état qui n'est plus pondérable. Il montre que le champ magnétique divise les corpuscules émanant du radium; il montre que, de plus, les corpuscules peuvent servir de centres de condensation pour la vapeur d'eau. Il y a donc grand intérêt, pour l'étude de la météorologie, à déterminer le nombre des ions présents dans l'atmosphère et la conductibilité qu'ils communiquent à l'air, tant pour l'étude de la condensation, origine de la pluie, que pour l'étude de l'électricité atmosphérique, la variation du champ magnétique, et la cause du champ électrique.

On s'est servi de la déviation des corpuscules et de la condensation qu'ils produisent pour calculer la vitesse de déplacement des corpuscules et le rapport de la charge d'un corpuscule à sa masse. Le rapport $\frac{e}{m}$ pour les rayons cathodiques est de 600 à 1 000 fois plus grand que celui trouvé pour l'hydrogène, la charge e étant considérée comme

constante; cela indique que la masse m d'un corpuscule est de 600 à 1 000 fois plus petite que celle de l'atome d'hydrogène. Quand la vitesse du corpuscule est égale aux 9/10[es] de celle de la lumière, ce qui a lieu pour les rayons β les plus pénétrants, le rapport $\frac{e}{m}$ se réduit de moitié: cela indique que la masse m croît avec la vitesse; cela n'est donc plus une masse matérielle, mais une charge électrique présentant une inertie par suite de son déplacement dans le champ.

La masse matérielle n'existerait pas, et l'on ne connaîtrait qu'une masse électrique.

M. L. Guillet fait remarquer le lien très faible qui unit la théorie des ions en solution à celle des électrons.

La théorie des ions en solution est des plus souriantes et rend compte d'un grand nombre de phénomènes. Il semble, toutefois, que quelques-uns lui échappent, ainsi que vient de le montrer M. Chesneau, professeur à l'Ecole des Mines, dans les *Annales des Mines*. Parmi les expériences qui appuient le plus la théorie des ions, il faut citer celles qui paraissent démontrer que les corps ne réagissent que s'il y a trace d'humidité et par conséquent ionisation : il en est ainsi avec l'acide carbonique et la chaux.

Un autre point important est le suivant : les métaux radifères qui, au début, étaient fort peu nombreux et se réduisaient à l'uranium, au radium, au polonium et au thorium, deviennent, au fur et à mesure que les phénomènes sont mieux étudiés, beaucoup plus fréquents. C'est ainsi que l'on a trouvé le plomb radifère ainsi que d'autres corps aussi communs. La théorie des corps en transformation triomphe donc actuellement, en ouvrant des horizons nouveaux.

M. le Président remercie M. Besson d'avoir bien voulu donner aujourd'hui une suite à ses précédentes communications sur le radium et la radioactivité, et fixer l'attention de ses collègues sur la nouvelle conception élémentaire de la matière.

L'étude des propriétés des systèmes d'ions et d'électrons va conduire à une théorie électromagnétique de la lumière plus complète que celle de Maxwell, à une théorie électromagnétique de la chaleur (loi de Wiedemann-Franz) et à une théorie électromagnétique de la mécanique (introduction de la notion de masse électromagnétique, capacité d'énergie cinétique de l'électron). Ces développements s'introduisent actuellement dans l'enseignement de la physique.

M. le Président remercie également M. Ancel du concours qu'il a prêté à M. Besson pour la présentation de plusieurs expériences fondamentales, et M. L. Guillet.

Il est donné lecture, en première présentation, des demandes d'admission de MM. L.-F. Guesdon, G.-E. Houplain, comme Membres Sociétaires Titulaires, et de :

MM. E. Marc et J. Wagener comme Membres Associés.

MM. A. Attal, A.-V. Bodin, A.-L. Caillet, L.-J. Chapelle, G. de Con-

tenson, A. Crozet, A. Dastarac, E. Deville. P. Girod. A. L. Helwig, E. de Loisy, A. Pinel Peschardière, H. Sire de Vilar, J. Verdier sont admis comme Membres Sociétaires Titulaires, et

MM. J. Peridier, L. Sol, M. L. Stampa comme Membres Sociétaires Assistants.

La séance est levée à 11 h. 5 m.

L'un des Secrétaires techniques :
J. Deschamps.

PROCÈS-VERBAL

DE LA

SÉANCE DU 16 NOVEMBRE 1906

Présidence de M. A. Hillairet, Président

La séance est ouverte à huit heures trois quarts.

Le Procès-verbal de la précédente séance est adopté.

M. le Président dit qu'à propos de la Communication de M. Bergès il a reçu de M. Brocq une note ainsi conçue :

« Nous avons lu le compte rendu de la Communication de M. Bergès, » et bien qu'il s'y trouve beaucoup à dire sur ce sujet, nous ne rou- » vrirons pas la discussion sur la supériorité des compteurs sur les » robinets intermittents et *vice versa*, chacun de nous étant intéressé » dans la question.

» Cependant il nous est impossible de laisser dire que des statistiques » officielles il résulte qu'à Paris près du quart de l'ensemble des comp- » teurs est continuellement en attente de réparation; cela voudrait dire, » comme l'a d'ailleurs expliqué M. Bergès, que plus de 20 000 comp- » teurs sont en même temps hors de service.

» Or, d'une part, il n'est publié aucune statistique officielle ; ensuite. » à notre connaissance, 25 hommes suffisent à l'entretien de 80 000 des » compteurs en service; ils réparent environ 50 compteurs par jour, » dont 20 pour défaut de comptage; ce travail étant fait dans un délai » de 48 heures, c'est donc 40 compteurs qui sont en même temps indis- » ponibles au lieu de 20 000. »

M. A. Mallet, comme complément à la note qu'il a rédigée à la suite de la Communication de M. Herdner, demande également la rectification suivante :

« A la page 493, ligne 19. du Bulletin de septembre 1906, le texte
» doit être rétabli comme suit : « Cet accouplement a été réalisé au
» commencement de 1889 au chemin de fer de Paris-Lyon-Méditerra-
» née et en 1891 au chemin de fer du Nord. »
» On trouve la justification de ces dates dans des observations de
» notre ancien Président, M. Ch. Baudry, présentées dans la séance du
» 7 octobre 1898 ».

M. le Président a le regret de faire connaître le décès de MM. :

E. Tomson, Membre de la Société depuis 1900, Ingénieur Honoraire des Mines, Consul de Belgique, Directeur Général de la Société Anonyme des Mines de Dahlbusch, Correspondant de la Société à Gelsenkirchen;

P. de Clervaux, Membre de la Société depuis 1859, Ingénieur Civil;

Ed. Despret, Membre de la Société depuis 1866, Vice-Gouverneur de la Société Générale de Belgique.

M. le Président adresse aux familles de ces Collègues l'expression de douloureuse sympathie de la Société toute entière.

M. le Président a le plaisir de faire connaître les décorations et nominations suivantes :

Ont été nommés Officiers d'Académie : MM. L. Janrot et P. Willems:

M. E. Sartiaux a été nommé Officier de l'Ordre de Léopold.

M. le Président adresse à ces Collègues les félicitations de la Société.

M. le Président dépose sur le Bureau la liste des ouvrages reçus depuis la dernière séance. Cette liste sera insérée dans l'un des prochains Bulletins.

M. le Président fait connaître que M. Paul Schwoerer a fait remettre, en date du 9 novembre, deux plis cachetés, qui ont été, suivant la tradition, placés aux archives.

M. le Président annonce que le Ministère du Commerce et de l'Industrie a fait parvenir une note donnant avis de la mise en adjudication, par la Commission du Canal de Panama, des travaux d'achèvement de ce canal.

Les divers renseignements relatifs à cette adjudication sont déposés à la Bibliothèque.

M. C. Birault a la parole pour exposer la première partie de sa communication sur la *Ventilation des tunnels de chemins de fer et des métropolitains souterrains*.

M. Birault fait remarquer que lorsque les premiers tunnels sous les Alpes ont été ouverts à l'exploitation, on comptait sur les bons effets de la ventilation naturelle pour renouveler l'air convenablement à l'intérieur de ces longs souterrains.

Mais par suite de l'augmentation du trafic, l'atmosphère s'est trouvée viciée dans des proportions qui sont devenues dangereuses pour le personnel de l'exploitation, et l'on a dû avoir recours à la ventilation mécanique.

Ces installations sont récentes, puisque celle du Saint-Gothard date de 1899 et celle du Mont-Cenis de 1904. La nécessité s'en imposait depuis longtemps, surtout au tunnel du Mont-Cenis où la ventilation naturelle était notoirement insuffisante.

Pour ces deux tunnels, on a adopté le système de ventilation mécanique inventé quelques années auparavant par M. Marc Saccardo, Inspecteur en chef des Chemins de fer d'Italie, et appliqué pour la première fois, en 1894, au tunnel de Pracchia, sur la ligne de Bologne à Pistoie, à la traversée des Apennins.

Le système Saccardo a été adopté depuis lors, en Italie, pour la ventilation de nombreux tunnels de chemins de fer. Il a été employé en France, en 1901, au tunnel de l'Albespeyre, sur la ligne de Paris à Nimes, à la traversée des Cévennes. On retrouve en Amérique, aux États-Unis, des dispositifs analogues pour la ventilation de quelques tunnels de chemins de fer.

Le tunnel du Simplon, ouvert à l'exploitation en juin 1906, est ventilé par des procédés tout différents. On a prévu, dès l'origine, les installations de ventilation mécanique nécessaires pour l'aérage du tunnel pendant l'exploitation.

En résumé, ce n'est guère que depuis une dizaine d'années que l'on s'est attaché à résoudre pratiquement, d'une façon satisfaisante, le problème de la ventilation des tunnels de chemins de fer.

Mais nous assistons aujourd'hui à la création et au développement de réseaux de chemins de fer métropolitains dans les principales capitales ou grandes villes des Deux-Mondes. Et nous voyons le même problème de la ventilation des tunnels se poser de nouveau, dans des conditions notablement différentes, pour l'aérage des chemins de fer métropolitains souterrains.

De même que pour les tunnels de chemins de fer, cette question de la ventilation parait avoir été négligée, dans la construction des premières lignes métropolitaines, aussi bien à Londres qu'à New-York et à Paris.

Il est d'autant plus utile de nous en préoccuper en ce moment que notre réseau métropolitain est loin d'avoir atteint toute l'importance qu'il aura dans l'avenir, après l'exécution des principales lignes concédées.

Grâce à l'appui de notre Société auprès des grandes Administrations ou Compagnies étrangères, M. Birault a pu visiter en détail d'intéressantes installations de ventilations mécaniques et se procurer d'utiles renseignements sur plusieurs autres installations.

Cette étude générale sur la ventilation des tunnels sera divisée en deux parties :

1° Ventilation des tunnels des chemins de fer;

2° Ventilation des métropolitains souterrains.

Par suite de la longueur du sujet, cette communication sera limitée à l'étude de la ventilation des tunnels de chemins de fer; M. Birault se propose de traiter, dans une des prochaines séances de notre Société, la question de la ventilation des métropolitains souterrains.

Les causes qui peuvent rendre nécessaire la ventilation mécanique

des tunnels de chemins de fer sont la viciation de l'atmosphère et l'élévation de la température.

Les longs tunnels à fort trafic sont généralement dans les plus mauvaises conditions, mais il existe des souterrains très courts extrêmement dangereux.

Il serait à désirer que la traction électrique se généralise rapidement pour la traction des convois, dans les souterrains où l'aérage naturel s'effectue mal.

Quelles sont les limites admissibles pour la viciation de l'atmosphère et l'élévation de la température ?

On trouvera au Bulletin de la Société les nombres fixés par la Commission italienne qui a procédé aux expériences de ventilation du tunnel de Pracchia, en 1894, ainsi que les conclusions de la Commission anglaise nommée en 1895 pour examiner les conditions d'aération de l'ancien métropolitain à vapeur de Londres.

Les chiffres indiqués par cette dernière Commission méritent davantage d'être pris en considération, car ils ne sont pas, comme ceux de la Commission italienne, en désaccord avec les données des hygiénistes. Il est regrettable de constater qu'à l'heure actuelle cette question est aussi peu élucidée, malgré l'importance qu'elle présente.

M. Birault examine ensuite les différents systèmes de ventilation applicables aux tunnels de chemins de fer. La ventilation mécanique devra être assurée sans galerie d'aérage ni canalisation d'air, et les circonstances locales ne permettront, en général, de faire d'insufflation d'air pur ou d'extraction d'air vicié que par les têtes du tunnel ou dans leur voisinage immédiat.

Dès lors, deux solutions restent en présence, suivant que l'on désire que les extrémités du souterrain demeurent constamment ouvertes, ou si on considère qu'elles peuvent être fermées par des portes ou rideaux mobiles que l'on ouvre au moment du passage des trains.

Les manœuvres de portes ou rideaux constituent évidemment une sujétion pour le service de l'exploitation, mais elles ne présentent aucun danger avec des rideaux en toile à voile, comme au Simplon, car ces rideaux n'opposeraient pas de résistance sérieuse au passage des convois, s'ils n'étaient pas relevés en temps utile.

On diminue la puissance nécessaire pour la ventilation en fermant les têtes du tunnel, de manière à soustraire l'atmosphère du souterrain aux effets de la ventilation naturelle dont le sens peut changer, tandis que le courant d'air de la ventilation mécanique n'est pas reversible dans les tunnels constamment ouverts à leurs extrémités. Aussi la puissance à développer augmente-t-elle beaucoup, lorsque la ventilation naturelle contrarie la ventilation artificielle.

Après avoir étudié les avantages et les inconvénients des deux types d'installations, M. Birault décrit les principales installations de ventilation mécanique existantes.

Le premier type d'installation, souterrain constamment ouvert à ses deux extrémités, est réalisé dans le *système Saccardo :* par des ventilateurs on injecte de l'air pur dans une buse annulaire ménagée le long des parois du tunnel, en arrière d'une des têtes, l'insufflation se faisant dans la

direction de la tête opposée. Quelquefois l'appareil Saccardo est disposé en sens inverse, la buse dirigée vers l'extérieur pour extraire, par aspiration, l'air vicié du tunnel.

Il décrit ensuite les installations de ventilation mécanique du *tunnel de Pracchia*, celles du *tunnel de Saint-Gothard*. Ces dernières ont été créées à la tête nord du souterrain, côté Goeschenen, le courant d'air de la ventilation mécanique ayant la direction nord-sud.

La puissance nécessaire pour la ventilation varie de 100 ch à 70 tours du ventilateur, à 800 ch à 130 tours. Les ventilateurs sont actionnés par une turbine. Avec une vitesse de rotation de 120 tours, un courant d'air naturel sud-nord, ayant une vitesse de 1,50 m par seconde, est inversé et remplacé par un courant nord-sud de 3,50 m.

Puis, M. Birault étudie la ventilation des *tunnels de Giovi et de Ronco*, sur la ligne de Gênes à Turin. Il rappelle l'accident arrivé au tunnel de Giovi, en 1898, par suite de l'asphyxie des mécaniciens d'un train de marchandises en triple traction. Le tunnel de Giovi a 3,5 km de longueur, il est à double voie et en rampe de 30 mm par mètre. Il a été ventilé en juin 1899. Celui de Ronco, de 8,3 km de longueur, à double voie et en rampe de 12 mm, a été ventilé en juillet 1900. La ventilation mécanique a permis d'avoir une atmosphère suffisamment pure, tout en augmentant le nombre des convois. Il a même été possible d'installer un poste de bloc-système au milieu du tunnel de Ronco, grâce à la présence de deux galeries transversales existantes, dites fenêtres de Busalla, que l'on a utilisées pour la ventilation.

M. Birault indique les données principales de plusieurs autres installations de ventilation, système Saccardo. Au *tunnel de l'Albespeyre*, on peut réaliser des vitesses de 7,50 m pour le courant d'air lorsqu'il n'y a pas de convois dans le souterrain. Il étudie la ventilation de plusieurs *tunnels americains*, puis l'installation Saccardo créée, en 1904, au *tunnel du Mont-Cenis*, tunnel exploité par les chemins de fer d'Italie. Cette installation est encore insuffisante, car la puissance de 320 ch dont on dispose sur l'arbre des ventilateurs de l'installation de Bardonnèche est beaucoup trop faible.

Le deuxième type d'installation, souterrain fermé par des portes ou rideaux mobiles, a été réalisé au Simplon.

On avait déjà tenté d'améliorer, autrefois, les conditions d'aérage de petits tunnels, sans aucune installation de ventilation mécanique, en fermant simplement une des extrémités par un rideau pendant la traversée des convois. Cette disposition a été adoptée sur la ligne de Shin-Yetru, au Japon, en 1894.

La Compagnie Italienne des Chemins de fer de la Méditerranée a procédé également, en 1902, à des expériences au tunnel de Pré-di-Mé, sur la ligne de Gênes à Ovada.

Mais c'est au *tunnel du Simplon* seulement que nous voyons de puissantes installations de ventilation mécanique, avec fermeture des deux extrémités du tunnel par des rideaux. L'exploitation du tunnel se fait par la traction électrique.

Au portail nord, côté Brigue, deux ventilateurs indépendants, actionnés par des turbines de 200 ch, refoulent l'air pur en arrière du

rideau qui ferme la tête du souterrain. Au portail sud, côté Iselle, deux ventilateurs semblables aspirent l'air vicié en avant du rideau et le rejettent au dehors. Des manœuvres de portes et de vannes permettent de remplacer ce courant nord-sud par un courant sud-nord, qui convient mieux pour les journées froides d'hiver, car on évite ainsi la production de glace sur les parois, vers les têtes du souterrain, les maçonneries du côté sud d'Iselle étant parfaitement sèches.

La ventilation est complétée par des dispositifs permettant de refroidir l'air à la température de 28 degrés environ, en arrosant d'eau froide les parois dans les régions les plus chaudes du souterrain et aussi en projetant de l'eau fraîche sous pression en gerbes verticales. On trouvera au Bulletin les calculs détaillés de ces appareils de refroidissement, ainsi que les résultats pratiques obtenus, d'après les rapports du service de l'exploitation.

M. le Président remercie M. Birault de la première partie de sa Communication, préparée sur la demande de la première section du comité et de son président, M. Groselier.

La seconde partie, dans laquelle M. Birault traitera plus particulièrement des métropolitains, aura lieu à la seconde séance de janvier prochain.

M. le Président tient également à remercier les Compagnies et administrations qui ont bien voulu donner à M. Birault tous les renseignements nécessaires et en particulier l'administration des Chemins de fer fédéraux suisses et M. Bianchi, Directeur des Chemins de fer de l'État Italien.

M. P. Girod a la parole pour sa Communication sur *la Fabrication électrométallurgique des alliages.*

M. P. Girod, après avoir donné en quelques mots l'historique de l'électrosidérurgie, passe rapidement en revue les différents fours électriques employés dans la fabrication des alliages et de l'acier ; il insiste un peu plus sur le four de son système dont il montre les avantages.

Il décrit ensuite avec détails la fabrication des différents alliages :

Ferro-siliciums. — On produit au four électrique des ferro-siliciums contenant 30, 50, 70 et 90 0/0 de silicium. Ces alliages sont employés en fonderie de fonte, comme désoxydant pour les aciers et comme addition fixe dans la fabrication d'aciers à ressorts, d'aciers pour automobiles, et de tôles douces. La consommation annuelle en ferro-silicium atteint 25 000 t.

Ferro-chromes. — C'est à M. Brustlein que revient l'honneur d'avoir introduit l'emploi du ferro-chrome. Le four électrique permet d'obtenir des ferro-chromes avec des teneurs en carbone variant de 10 à moins de 1 0/0, la teneur moyenne en chrome étant de 65 0/0. Ils sont utilisés dans la fabrication des blindages, des projectiles, des aciers à outils, etc. La production est de 5 à 6 000 t.

Silico-manganèses. — Il existe deux types de ces alliages : l'un, renfermant 60 à 70 0/0 Mn et 20 à 25 0/0 Si ; l'autre, contenant 45 0/0 Mn,

22 à 25 0/0 Si. Ils sont destinés à remplacer le ferro-manganèse. On fait aussi un silico-mangano-aluminium renfermant 10 à 12 0/0 d'aluminium. Ces produits sont toujours destinés aux additions finales, dans la fabrication courante.

Ferro-tungstènes. — Ces alliages sont préparés par le traitement électrique de la wolframite. Ils remplacent la poudre de tungstène dans la fabrication des aciers spéciaux, notamment des aciers à coupe-rapide.

Ferro-molybdènes. — Ils sont obtenus en partant de la molybdénite et restent moins utilisés que les précédents.

Ferro-vanadiums. — Obtenus en partant d'acide vanadique, ils commencent à être utilisés pour la production des aciers au vanadium, qui ont des qualités remarquables.

Ferro-tantale. — Arrive sur le marché sidérurgique en promettant beaucoup.

Ferro-uranium. — Très peu utilisé.

M. Girod renvoie au Bulletin pour des tableaux donnant les analyses de nombreux ferro-alliages. Il termine sa Communication en faisant ressortir le rôle important joué par les alliages ferro-métalliques dans les progrès de la métallurgie moderne.

M. L. Guillet se félicite d'avoir provoqué, au nom de la quatrième section du Comité, la très intéressante communication de M. Girod, qui soulève deux problèmes importants : la fabrication des alliages ferrométalliques, la préparation des aciers au four électrique.

Au point de vue alliages ferrométalliques, M. Guillet fait ressortir l'importance de la préparation des produits avec des teneurs en carbone très faibles, cela parce que, d'une part, la tendance de plus en plus grande de la fabrication des aciers spéciaux pour construction mécanique est de préparer des alliages très peu carburés et, d'autre part, certains carbures — notamment ceux de vanadium, bore et tantale — sont insolubles dans le bain d'acier liquide; dans ce cas, il y a donc une partie du métal qui n'est pas utilisée et, de plus, le carbure qui peut rester interposé dans l'acier amène de la fragilité.

M. Guillet rappelle ensuite le mode de préparation du silicomanganèse par fusions séparées du ferrosilicium et du ferromanganèse, ces deux alliages étant ensuite coulés dans une même poche; il y a alors précipitation du graphite. Il pense que le ferromolybdène qui, au dire de M. Girod, n'a pas toujours donné de bons résultats, n'a pas été employé convenablement; les proportions de molybdène étaient probablement trop grandes. Quant au ferrovanadium, celui à 25 0/0 semble être le meilleur, au point de vue de l'homogénéité du produit final.

Au point de vue de l'électrosidérurgie, M. Guillet demande qu'une discussion générale soit ouverte ; il fait ressortir l'importance de la question et les points acquis, à savoir que :

Le four électrique permet d'obtenir des aciers au moins équivalents aux meilleurs aciers au creuset.

Le four électrique est le meilleur four d'épuration connu.

Dans certains cas particuliers, le four électrique est intéressant pour la fabrication de la fonte.

La plupart des usines du centre de la France se préoccupent de la question; les usines du Creusot ont un four en marche, déjà depuis plusieurs années; les établissements Jacob Holtzer font construire un four Keller important. Enfin, les Hauts Fourneaux et Forges d'Allevard, les Usines de la Praz, celles de Gysinge, livrent déjà depuis trois ou quatre ans des aciers à outils préparés au four électrique. Tous ces faits montrent l'importance de la question, et M. Guillet souhaite vivement que l'on y revienne ultérieurement par une discussion générale.

M. F. Clerc fait remarquer que M. Girod en comparant, au cours de sa communication, le silico-manganèse fabriqué au four électrique au ferro-manganèse produit au haut fourneau, a fait ressortir les avantages que présente le silico-manganèse pour son emploi en sidérurgie à cause de son absolue pureté en soufre.

Or l'affinité du soufre pour le manganèse est telle que l'intégralité du soufre contenu dans le lit de fusion passé dans le haut fourneau passe dans le laitier à l'état de sulfure de manganèse et que le ferro-manganèse produit ne contient pas trace de soufre.

Si M. Girod a constaté du soufre dans de l'acier fabriqué en se servant de ferro-manganèse pour l'addition finale c'est que, peut-être, l'alliage employé renfermait un peu de scories; mais le ferro-manganèse ne peut contenir trace de soufre pas plus que le silico-manganèse fabriqué directement.

M. le Président remercie M. Girod d'avoir bien voulu quitter ses usines et venir faire, sur la demande de la quatrième Section du Comité et de M. Harlé, Président de la sixième, l'intéressante communication que l'on vient d'entendre.

Les deux Sections intéressées se mettront d'accord pour provoquer, au cours de l'année prochaine, une discussion sur ce sujet.

M. le Président fait connaître que le Comité a été d'avis de nommer un certain nombre de Membres d'Honneur qui, par leur situation, ne peuvent pas faire partie de la Société au titre de Membres Titulaires.

Au nom du Comité, il propose à ses Collègues la nomination de MM. Mascart et Maurice Lévy.

Il sera statué sur ces nominations dans la séance du 4 janvier prochain.

Il est donné lecture, en première présentation, des demandes d'admission de MM. A. Carrié, T.-A.-R. de Chazal, L. Delautre et J. Groselier comme Membres Sociétaires Titulaires.

MM. L.-F. Guesdon, G.-E. Houplain sont admis comme Membres Sociétaires Titulaires et

MM. E. Marc et J. Wagener comme Membres Associés.

La séance est levée à 11 heures un quart.

L'un des Secrétaires techniques,

H. Deschamps

IIe CONGRÈS D'ASSAINISSEMENT DE L'HABITATION

RÉUNI A GENÈVE EN 1906

PAR

M. E. CACHEUX

Les travaux du IIe Congrès de l'assainissement de l'habitation réuni à Genève en 1906, démontrent que l'Ingénieur peut avoir une grande influence sur la solution de la plupart des problèmes qui préoccupent actuellement les hygiénistes, au point de vue de la salubrité des maisons. Il est évident que lorsqu'il s'agira de la construction d'un palais ou d'une habitation de luxe, l'intervention d'un architecte sera indispensable, mais l'Ingénieur pourra souvent se passer de son concours pour bâtir des habitations qui seront saines, économiques, et qui ne manqueront pas d'un certain cachet architectural. Si l'on avait à sa disposition des capitaux suffisants pour construire des villes neuves, il serait facile de trouver des Ingénieurs irréprochables, de mettre à la disposition des architectes des lots de terrain, desservis par des rues en bon état de viabilité, pourvues de conduites d'eaux potables et ménagères, ainsi que de canalisations permettant d'éclairer et même de chauffer les habitations en bordure de ces voies; malheureusement l'argent fait souvent défaut pour permettre l'exécution des mesures commandées par les hygiénistes pour assurer l'assainissement des locaux habités. L'Ingénieur sera quelquefois empêché, faute d'argent, d'exécuter des travaux; mais dans la plupart des cas il trouvera des solutions économiques qui permettront d'améliorer les conditions hygiéniques des habitants d'une région. Parmi les résultats les plus heureux obtenus par les Ingénieurs, nous citerons le procédé de vidange par les fosses septiques, avec épuration sur des lits bactériens du liquide en provenant, ainsi que les nombreux appareils créés pour assurer le service des eaux potables et ménagères, du chauffage et de l'éclairage dans les maisons modernes.

Malgré les progrés réalisés par les Ingénieurs sanitaires, de nombreuses recherches seront encore nécessaires pour assurer la fourniture d'eau potable aux habitants d'un grand nombre de communes françaises. M. le Dr Foveau de Courmelles, après avoir établi que l'eau amenée à grands frais peut se contaminer sur son trajet, et que l'ébullition la rend indigeste, demande qu'elle soit stérilisée au moment de la consommation, et il préconise à cet effet l'emploi de l'ozone, facile à produire aujourd'hui, soit par les sources d'éclairage, soit par piles et bobines d'induction.

Le développement des moyens de locomotion a provoqué de nombreux travaux de la part des hygiénistes. La circulation des automobiles est une source de production de poussière qu'il est indispensable de supprimer; c'est pourquoi il a été fait de nombreux essais de goudronnage de routes. M. Navazza, président de la ligue suisse contre la poussière, a fait un intéressant rapport sur les essais faits pour remédier aux inconvénients de la poussière. Aux États-Unis, on emploie avec avantage les huiles lourdes qui coûtent cinq ou six fois moins cher dans le nouveau monde que dans l'ancien; c'est pourquoi on n'utilise pas ce procédé dans la plupart des pays européens. A Genève, on se sert avec avantage de l'asphaltine Lambercier, qui est un mélange de mazout et d'huile de Galicie. Le prix de revient d'une application d'asphaltine est de 14 à 15 centimes environ le mètre carré. L'application se fait soit à chaud, soit à froid, par voie d'arrosage ordinaire. L'application à froid, moins coûteuse, donne d'aussi bons résultats qu'à chaud.

On a essayé l'emploi de sels déliquescents, notamment du chlorure de calcium et du chlorure de magnésium. Les résultats sont assez satisfaisants, mais ces sels ont, comme l'eau de mer, l'inconvénient de tacher les effets.

Les arrosages avec les oléagineux rendus solubles dans l'eau par un procédé de saponification, ont donné quelques espérances, surtout lorsqu'il s'agit de supprimer momentanément la poussière à l'occasion d'une fête ou d'un grand concours du public. Les principaux produits employés sont : la westrumite, l'apulvite, l'odocréol, le pulvéranto, la basilite et la rapidite.

Le procédé qui a donné les meilleurs résultats est le goudronnage avec du coaltar ou goudron de houille, tel qu'on le pratique en France. A Genève, on emploie avec succès un goudron d'huile appelé goudron de gaz à l'eau carburé, parce qu'il est le résidu de la fabrication du gaz à l'eau carburé d'après le sys-

tème Humphreys et Glascow. Il coûte, à Genève, 30 francs la tonne. Il en faut 1,50 kg au mètre carré.

Des essais ont été faits pour diminuer la production de la poussière au moyen de dispositifs adaptés aux automobiles; mais aucun appareil n'a donné jusqu'à présent de résultats appréciables. M. Navazza estime qu'il faut goudronner toutes les voies empierrées aux abords des villes et les traverses des routes particulièrement fréquentées par les automobilistes.

La poussière est visible, mais il n'en est pas de même des miasmes produits par le corps humain dans un espace clos; c'est pourquoi les hygiénistes se sont occupés de la composition de l'air dans le métropolitain. Des travaux intéressants dans cet ordre d'idées ont été présentés par M. le Dr Gréhan, et par MM. Albert Lévy et Pecoul.

La conclusion qu'il faut tirer des travaux de ces savants est qu'il serait nécessaire de ventiler énergiquement les tunnels et surtout le premier réseau du métropolitain parisien. L'atmosphère des véhicules destinés au transport en commun est encore contaminée par les germes des maladies infectieuses; par suite, il est nécessaire de désinfecter les wagons, et il serait utile de se servir, à cet effet, de moyens plus perfectionnés que ceux qui sont autorisés en France. S'il faut en croire M. Thomas D. Crowder, directeur sanitaire de la Compagnie Pulmann, la marche suivie dans son service pour assurer le confort des voyageurs et l'hygiène des wagons peut être considérée comme un modèle. La Compagnie possède 4 000 wagons de différentes espèces, tant aux États-Unis qu'au Canada et au Mexique, et elle dispose d'un personnel aussi nombreux que bien qualifié pour conserver son matériel en bon état.

S'il est relativement aisé de créer des villes salubres, il est bien plus difficile de remédier aux défectuosités que l'on constate dans la plupart des villes anciennes, construites sans aucun souci des lois de l'hygiène. Tous les congressistes ont été d'accord pour reconnaître que l'intervention du législateur était nécessaire pour seconder l'initiative privée dans l'œuvre de l'amélioration des quartiers encombrés. Le Congrès a demandé que les pouvoirs compétents fassent disparaître les îlots de maisons insalubres, en vue de remplacer les taudis qu'ils contiennent par des logements convenables. Les propriétaires expropriés seraient indemnisés, en tenant compte de la valeur sanitaire de leurs immeubles. Nous rappellerons à cet effet que le

Conseil de Londres rase les maisons situées dans des quartiers où la mortalité est anormale et qu'il les remplace par des habitations à bon marché. En Allemagne, les municipalités créent des quartiers nouveaux dans les faubourgs des villes encombrées et elles les relient à ceux du centre par des moyens de transport rapides et économiques. En facilitant la construction de maisons sur les terrains à bâtir obtenus par une mise en état de viabilité plus ou moins économique, suivant qu'il s'agit de rues destinées au commerce ou à l'habitation, les municipalités désencombrent le centre des villes, elles provoquent des vacances dans les maisons en mauvais état et elles en font l'acquisition à des conditions peu onéreuses.

Quoi qu'il en soit, les dépenses relatives à l'assainissement des habitations sont toujours très élevées, et nous avons la conviction que tant que l'État ne mettra pas à la disposition des entrepreneurs de travaux d'utilité publique de l'argent à taux réduit, comme, par la loi du 12 avril 1906, il le fait pour les constructeurs d'habitations à bon marché, la loi sur la santé publique, du 15 février 1902, sera bien difficile à mettre à exécution et restera encore pendant longtemps à l'état de lettre morte.

LES LAMPES A INCANDESCENCE

DE

FABRICATION RÉCENTE

PAR

M. A. LARNAUDE

Les questions d'éclairage sont plus à l'ordre du jour que jamais, et malgré les progrès considérables réalisés pendant ces dernières années, progrès dus en grande partie à l'émulation des deux facteurs principaux gaz et électricité, de nouvelles améliorations sont constamment à l'étude.

A première vue, on pourrait croire que la lampe électrique à incandescence n'a pas suivi la progression générale des applications de l'électricité.

Pour que l'on puisse se rendre compte de ce qui a été fait à ce sujet, nous parlerons d'abord, avant de décrire les nouvelles lampes mises sur le marché, de celles qui ont permis à l'éclairage électrique de prendre l'extension qu'il a aujourd'hui.

Rien n'est plus simple qu'une lampe à incandescence ; cependant ceux qui ont visité les ateliers de construction de ces lampes, ont pu se rendre des soins multiples qu'exige leur fabrication.

Bien que ce petit organe transformateur de l'énergie électrique en lumière ait un aspect fragile, il a fallu, pour permettre le développement de son application, en faire un objet robuste et peu coûteux.

Nons insistons sur le mot robuste, en ce sens que la lampe à incandescence a eu dès le début, et encore souvent à l'heure actuelle, à supporter l'inexpérience de ceux qui l'emploient ou la défectuosité de certaines installations. Il n'est pas rare, en effet, de voir pour l'une ou l'autre de ces causes des lampes soumises à des survoltages de 25 ou 30 0/0.

Les fabricants ont donc dû en premier lieu se préoccuper de ces conditions, et ils sont arrivés, non sans de grands efforts, à la situation actuelle permettant d'avoir une lampe d'un prix très modique (0,40 f à 0,50 f) et fonctionnant à un régime

moyen de 3 watts par bougie, tout en pouvant supporter accidentellement, sans être mise hors d'usage, les écarts de tension des réseaux.

En quoi ont consisté les améliorations apportées à la fabrication de ces lampes.

En premier lieu, on a substitué aux fibres naturelles telles que le bambou, le papier, etc., une fibre de cellulose préparée chimiquement, exempte de toute impureté, permettant d'obtenir un filament résistant, homogène, très régulier et exactement au centième de millimètre près au diamètre indispensable à chaque type de lampes.

Ces fils sont ensuite traités à de très hautes températures de façon à les transformer en une matière voisine du graphite, laquelle peut se supporter, sans se dissocier, des températures très élevées.

Ce traitement à haute température est fait après la carbonisation, soit en opérant sur un lot de fils dans un four électrique, soit en opérant individuellement sur chaque filament par un procédé analogue à celui employé pour le nourrissage ou le renforcement des fils.

On sait en quoi consiste ce nourrissage.

Le filament porté au blanc par un courant électriqne, dans une atmosphère d'hydrocarbure, décompose cet hydrocarbure, et du carbone se dépose sur le filament régularisant et cachant les imperfections de structure.

Actuellement, la fabrication est telle que ces imperfections n'existent plus, ou que les fils qui en présentent sont éliminés, et le traitement que l'on fait subir au filament a pour objet d'effectuer la transformation dont nous venons de parler, c'est un recuit à très haute température, donnant au fil l'aspect métallique, le transformant dans sa masse et augmentant sa résistance à la dissociation.

En même temps que l'on perfectionnait le filament, on a appliqué le plus possible l'outillage mécanique aux différentes phases de la fabrication de la lampe de façon à permettre au personnel de produire plus, tout en produisant mieux, et abaisser par suite le prix de revient.

Revenons au régime de marche de la lampe qui est, en moyenne, à l'heure actuelle, de 3 watts par bougie.

Il y a lieu toutefois de remarquer que l'on peut faire fonctionner une lampe à incandescence à un régime très variable,

depuis 5 à 6 watts par bougie jusqu'à 1 watt par bougie. Si en pratique on est limité dans le choix de ce régime, c'est que le facteur consommation est intimement lié au facteur baisse de l'intensité lumineuse.

Prenons, à titre d'exemple, une lampe dont le fonctionnement normal est de 80 volts, à ce voltage elle donne 16 bougies en consommant 3 watts par bougie. Mais on peut la faire fonctionner au-dessous de ce voltage, à 5 ou 6 watts, ou inversement au-dessus de ce voltage, à 110 volts, à moins d'un watt par bougie.

Le diagramme n° 1 ci-contre montre la même progression sur une lampe de 16 bougies 110 volts.

Il est à remarquer qu'une augmentation de tension de 5 0/0

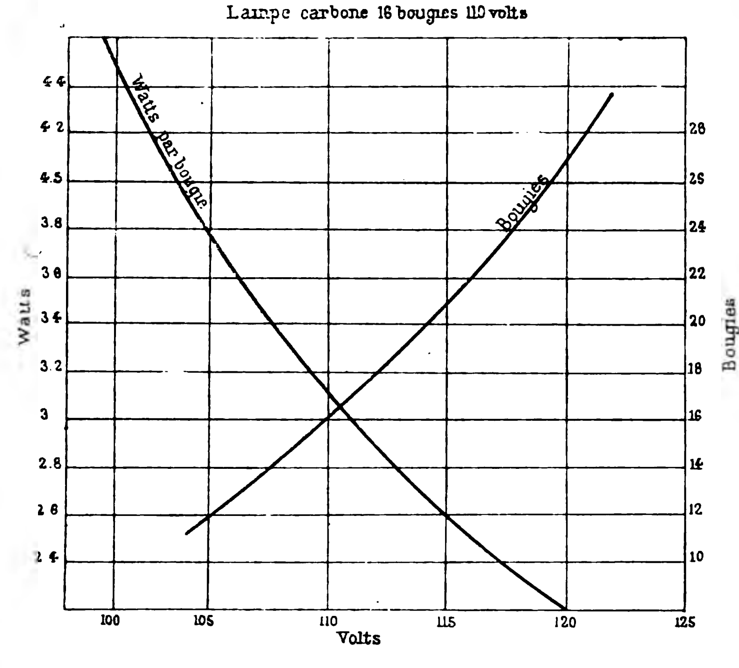


Fig. 1

produit, dans la lampe au carbone, une diminution de la consommation spécifique de 3,2 watts à 2,7 watts et une augmentation de 10 0/0 produit une diminution de 3,2 watts à 2,2 watts.

A ces différents régimes, correspondent des baisses d'intensité lumineuse de plus en plus rapides, et qu'indique le diagramme

n° 2, basé sur une donnée admise en général, à savoir qu'une lampe doit être considérée comme hors d'usage lorsque son intensité lumineuse a baissé de 20 0/0 sur l'intensité initiale.

En partant de cette donnée, l'on voit que si la durée utile d'une lampe, mise en service au régime de 3,5 watts par bougie, est en moyenne de 600 heures, celle d'une lampe de 2,5 watts

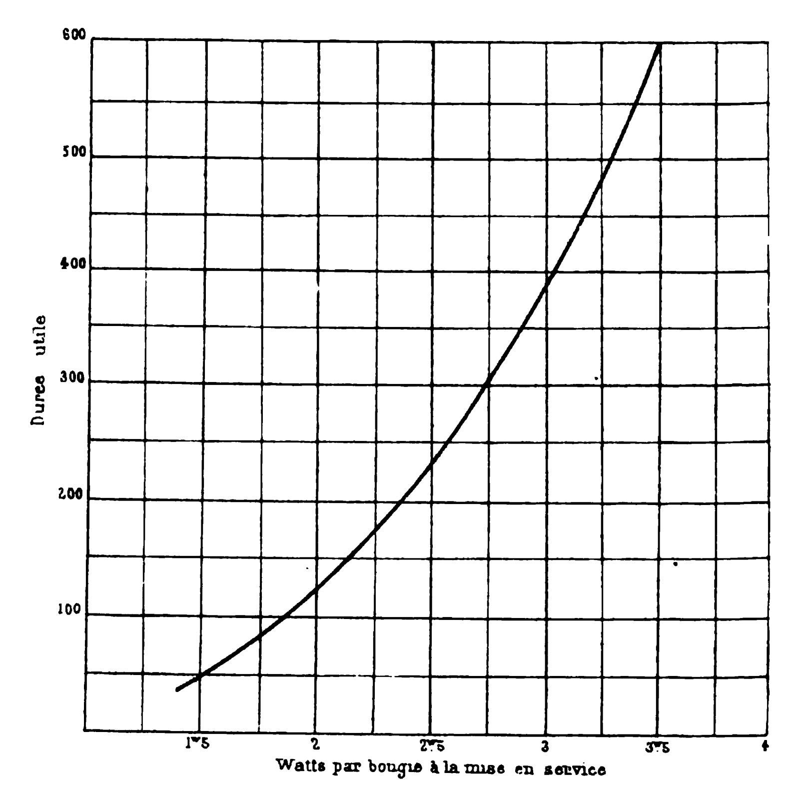


Fig. 2

n'est plus que de 250 heures, celle de 1,5 watt de 40 heures seulement.

La durée totale de la lampe sera beaucoup plus longue, si on entend par durée le moment où cette lampe sera mise d'elle-même hors de service par la rupture du filament ; cette durée pourra être supérieure à 800 ou 1000 heures, même pour une lampe ayant débuté à un régime de 2,5 watts.

Cette considération constitue, on peut dire, un point critique dans l'utilisation des lampes à incandescence. Il est facile, en

effet, de se rendre compte de l'économie que l'on peut réaliser en prenant pour base de comparaison la dépense d'une lampe de 10 bougies, marchant au régime de 2,5 watts au lieu de 3,5 watts.

L'économie du courant dans le premier cas est de 10 watts-heure, soit, pour 1000 heures, 10 kilowatts, lesquels au prix de 0,80 f le kilowatt donnent une économie de 8 f. Par contre, en nous reportant au tableau n° 2, nous voyons que, au régime de 3,5 watts, nous utilisons pour 1000 heures deux lampes, et quatre au régime de 2,5 watts, soit une dépense supplémentaire dans ce dernier cas de 2 × 0,50 f = 1 f, reste donc une économie de 7 f par lampe pour 1000 heures d'éclairage.

Cependant le consommateur n'arrive que très difficilement à profiter de cette économie et voici pourquoi.

La baisse de lumière est due à une volatilisation partielle du filament, occasionnant un noircissement graduel de l'ampoule, mais il y a lieu de remarquer que, pendant toute la vie de la lampe, la quantité d'électricité qui passe dans le filament reste sensiblement constante.

C'est-à-dire que pour une installation d'un nombre de lampes déterminé la quantité d'électricité consommée restera proportionnelle au nombre d'heures d'allumage quel que soit l'état d'usure des lampes. Seule la quantité de lumière baissera peu à peu avec cette usure et cela dans une proportion à peu près égale à celle indiquée dans le tableau n° 2.

De telle sorte qu'au moment où il faudrait remplacer la lampe. moment mal défini parce que le consommateur n'a pas le temps ou les moyens de vérifier, soit le nombre d'heures d'allumage, soit l'intensité lumineuse, il n'a pour guide que le noircissement de l'ampoule et il hésite le plus souvent devant la dépense à faire pour l'achat de nouvelles lampes, n'en saisissant pas à ce moment l'économie, parce que cette économie ne se traduit que par une augmentation de lumière.

Nous devons cependant ajouter que peu à peu le consommateur se rend compte de son véritable intérêt qui est, comme vous le voyez, d'employer des lampes à faible régime en les renouvellant après un petit nombre d'heures d'allumage.

Pour rester dans les limites pratiques nous concluons que dans l'état actuel en employant des lampes de bonne fabrication on doit économiquement utiliser ces lampes en les faisant fonctionner au régime de 2,5 watts par bougie. Nous croyons que ce régime

est le maximum de ce que l'on pourra obtenir avec du fil de carbone.

Depuis l'application du manchon Auer aux becs d'éclairage au gaz, tous les chercheurs se sont ingéniés à trouver un procédé analogue pour augmenter le rendement des lampes électriques à incandescence, en mélangeant. sous une forme ou sous une autre, les terres rares à la cellulose, matière première servant à la fabrication du filament.

De nombreux brevets ont été pris à ce sujet, sans aucun résultat il faut le dire. C'est que l'on a à résoudre un problème tout à fait distinct de celui qui se présente pour le gaz,

Dans la lampe à incandescence on a cherché, soit à incorporer dans le fil de carbone des sels de terres rares qui ne sont pas conducteurs de l'électricité, soit à recouvrir ces fils très fins d'une couche de terre rare.

Dans un cas comme dans l'autre on n'obtient qu'un filament défectueux, sans aucun avantage.

Pour arriver à un résultat pratique, il faut obtenir un fil de composition homogène, dans toute sa masse, que ce fil soit aussi peu fusible que possible et qu'il ne se désagrège pas à une temperature supérieure à 2 000 degrés.

Lampe Nernst.

La première nouvelle lampe donnant une marche économique fut la lampe Nernst dont on a pu voir les premiers échantillons à l'exposition de 1900.

La constitution de la lampe Nernst repose sur l'emploi comme filament lumineux d'un corps électrolytique composé d'oxyde de zirconium, de thorium et d'autres terres rares. Ces corps ont à froid une résistance considérable et il est nécessaire de les chauffer pour qu'ils soient conducteurs du courant électrique.

La lampe Nernst fonctionne à l'air libre à un régime voisin de 1,5 watt par bongie.

Elle a l'inconvénient de nécessiter un appareil de chauffage pour son allumage, lequel demande souvent quelques minutes. De plus, par suite de la sensibilité du bâtonnet incandescent, il est nécessaire de placer en série une petite résistance en fil de fer destinée à servir de tampon, tampon qui absorbe le survoltage dangereux pour le bâtonnet, mais qui en même temps

absorbe d'une façon continue une partie de l'énergie fournie à la lampe.

Malgré son prix élevé nous croyons qu'un emploi judicieux de cette lampe doit permettre son utilisation rationnelle dans les installations de hauts voltages.

La pratique semble malgré tout démontrer que les résultats obtenus ne répondent pas aux espérances du début.

Dès l'année 1901, on voit apparaître successivement une série de lampes à filament métallique devant fonctionner à 1.5 watt par bougie : la lampe Auer à l'osmium, la lampe Kuzel et la lampe Juste et Hanaman au tungstène, la lampe Siemens au tantale.

Après de nombreux tâtonnements, la fabrication de ces lampes paraît être sortie de la période d'essai au moins pour deux d'entre elles, la lampes Osram de la Société Auer et la lampe tantale de la Société Siemens.

Nous ne parlerons dans ce travail que de ces deux lampes qui semblent devoir être les prototypes de celles qui sont à l'étude de différents côtés.

Lampe Auer.

Il est très difficile d'avoir des renseignements techniques sur la lampe Auer. Le filament de cette lampe, qui paraissait au début être uniquement composé d'osmium, est actuellement formé d'une combinaison d'osmium et de tungstène, d'où le nom d'osram formé de la première syllabe du mot osmium et de la dernière du mot wolfram (oxyde de tungstène). Nous ajouterons qu'il est naturel que l'on cherche à substituer le tungstène à l'osmium, le premier étant beaucoup moins rare et, par suite, moins coûteux.

Pour obtenir les filaments des lampes Auer, on traite le trichlorure de tungstène par l'ammoniaque et on forme avec les sels d'osmium une pâte qui est filée et séchée. Les fils coupés aux longueurs utilisables dans les ampoules subissent ensuite un traitement chimique individuel à haute température.

L'inconvénient des lampes à fil métallique, en général, est qu'elles exigent une longueur de filament beaucoup plus grande que la lampe au carbone, et cela par suite de l'impossibilité où l'on se trouve d'obtenir des fils suffisamment fins et résistants.

Pour arriver à utiliser les fils d'osmium sur un courant de

110 volts, il faut, soit placer trois lampes en série solidaires l'une de l'autre, comme vous le voyez ici, soit réunir dans une seule ampoule 5 ou 6 filaments. De là la nécessité, soit d'allumer trois lampes de 10 bougies à la fois, soit d'avoir des lampes d'une intensité lumineuse de 30 bougies.

De plus, à température élevée ces fils se ramollissent, n'offrent aucune rigidité ce qui oblige non seulement à les soutenir par des crochets latéraux, mais à placer la lampe verticalement la tête en bas.

La lampe Osram doit fonctionner à un régime voisin de 1,5 watt par bougie, avec un abaissement lumineux inférieur à 10 °/₀ après un service de 800 heures. Malgré ce grand avantage nous craignons que les inconvénients qu'elle présente, tant pour sa fabrication que pour son emploi, limitent son utilisation aux éclairages intensifs là où le prix du courant est très élevé.

Lampe Tantale.

Dès l'année 1903, M. von Bolton avait été chargé par la Société Siemens, de rechercher un corps pouvant être économiquement substitué aux fils de charbon dans les lampes à incandescence.

Après de longs et minutieux travaux, M. von Bolton est parvenu à fabriquer du tantale pur, qui a pu être utilisé dans cette fabrication.

La préparation de ce métal s'effectue en réduisant le fluotantalate de potassium par le potassium ou le sodium. La masse métallique ainsi préparée est purifiée par fusion dans le vide.

Le métal obtenu est d'une couleur plus foncée que celle du platine; sa résistance à la traction est de 93 kg par millimètre carré; sa dureté est aussi grande que celle du meilleur acier trempe, mais il se laisse laminer et n'est pas cassant.

Il y a cependant de très grosses difficultés à transformer le tantale en fil très fin comme ceux qui sont nécessaires pour la fabrication des lampes à incandescence : le plus petit diamètre que l'on ait obtenu jusqu'à présent, d'une façon courante, est de 4 à 5 centièmes de millimètre.

La difficulté réside autant dans la ténacité du fil que dans la production des filières en diamant, qu'il est excessivement délicat d'obtenir d'un diamètre régulier et aussi petit.

Une fois le fil fabriqué, de nouvelles difficultés se présentent

pour l'utiliser. D'une part, à la température où il doit être porté il se ramollit; d'autre part, sa résistivité est telle qu'il est nécessaire d'employer un fil de 50 à 60 cm de longueur si l'on veut obtenir une lampe utilisable sur les circuits de 100 à 120 volts.

M. le docteur Feuerlein, directeur de la fabrique de lampes de la maison Siemens, qui a mis au point la réalisation pratique de la lampe tantale, est arrivé, après de nombreuses modifications, à établir un porte-fil permettant un bobinage régulier, soutenant le fil dans toutes ses parties, ce qui permet de faire fonctionner la lampe dans une position quelconque.

Le porte-fil central est formé par une courte baguette de verre, portant deux lentilles, dans lesquelles sont fixées les tiges de support s'élevant, les unes vers le haut, les autres vers le bas.

Le filament, d'un seul morceau, est passé en zigzags dans les crochets; il est relié à chaque extrémité aux fils conducteurs qui traversent l'ampoule.

Ce mode de construction a donné toute satisfaction pour l'utilisation de la lampe, et permet au filament de supporter les chocs de transport sans se rompre.

Le filament de tantale, comme le fil de carbone, peut être soumis à un régime variable, suivant l'intensité du courant qui le parcourt, et bien qu'il puisse supporter un régime de 1 watt par bougie, on s'est arrêté à celui de 1,5 watt par bougie, parce que, à un régime plus économique, la lampe est très sensible aux variations de tension et son intensité lumineuse diminue trop rapidement. A l'usage il se produit une modification dans la structure du fil qui finit par amener sa destruction. Cette modification se produit plus ou moins rapidement, suivant le régime adopté; elle s'observe facilement sur une lampe usagée. En même temps que son aspect devient cristallin, le fil devient plus fragile.

Le fil de tantale est cependant moins sensible que le fil de carbone aux variations du courant. Cet avantage provient de ce que la résistance du filament de tantale va en croissant avec la température, c'est-à-dire avec la différence de potentiel, tandis que celle du fil de carbone diminue. L'augmentation du courant, résultant d'une augmentation de tension, se trouve donc amortie dans une lampe à fil de tantale.

Pour faire saisir cette différence, nous comparerons l'in-

tensité de deux lampes, l'une de 16 bougies 110 volts au carbone, et l'autre de 25 bougies 110 volts au tantale.

Au-dessous de leur régime normal à 105 volts, ces deux lampes consomment l'une et l'autre 0,35 ampère; poussées à 120 volts, la lampe tantale consomme 0,38 ampère, tandis que la lampe au carbone consomme 0,50 ampère.

La lampe tantale est un peu moins économique que la lampe Auer et a l'inconvénient d'avoir une baisse de lumière plus rapide; mais elle présente par contre des facilités de fabrication et d'emploi qui, nous le croyons, permettront une plus grande utilisation de ces lampes.

Si nous comparons deux lampes d'une intensité lumineuse de 25 bougies, l'une au carbone, l'autre au tantale, nous trouvons, ainsi que vous l'indique le tableau ci-contre, une économie de 17 f par lampe pour 1 000 heures d'éclairage.

Comparaison des frais pour une lampe de 25 bougies.

	Tantale 1,5 watt.	Charbon 2,5 watt.
	—	—
Prix de la lampe. . . f	3	0 50
Durée. . . . . heures	600	250
Dépense d'énergie. watts	40	65
Prix du kilowatt . . . f	0 80	0 80

Dépense pour 1 000 heures de durée.

Usure de la lampe . . f	$\frac{3 \times 1\,000}{600} = 5$	2
Courant.	$0{,}80 \times 40 = 32$	52
Total. . . . . f	37	54

Économie par lampe en 1 000 heures : 17 f.

Il y aurait peut-être lieu de tenir compte, dans cette comparaison, de la casse accidentelle qui peut se produire et qui est à considérer pour une lampe d'un prix élevé.

La lampe tantale est aujourd'hui fabriquée d'une façon courante en Allemagne et en Amérique; elle va l'être en France.

Il est certain que l'on parviendra à avoir industriellement un type d'une intensité lumineuse inférieure à 25 bougies; il ne s'agit pour cela que de produire un fil plus fin. Reste à savoir si ce fil pourra supporter le même régime de 1,5 watt.

D'autre part, jusqu'à présent, la Société Siemens recommande, pour que la lampe atteigne la durée indiquée, de n'employer cette lampe que sur du courant continu.

Sur courant alternatif, la durée est beaucoup moindre.

Bien que les minerais de tantale ne soient pas très abondants, les recherches qui ont été faites permettent d'affirmer que la production du métal répondra à tous les besoins que pourrait nécessiter la fabrication de ces lampes.

1 kg de fil de 0,05 mm suffit d'ailleurs pour la fabrication de 30 à 35 000 lampes.

Lampes de hauts voltages.

En dehors de ce que nous avons dit jusqu'à présent, il existe des difficultés spéciales pour la construction des lampes dites de haut voltage, devant fonctionner sur des courants de 200 à 250 volts.

L'économie résultant de l'emploi de ces hautes tensions, dans l'installation des réseaux, a amené un développement important de ce mode de distribution.

Les fils de carbone permettent de construire des lampes pouvant être placées directement sur ces réseaux, mais les nécessités de construction obligent à utiliser ces lampes à un régime plus élevé que celui que nous indiquions au début pour les lampes de 110 volts.

Si, théoriquement, rien n'est plus simple que de construire une lampe de 200 volts, on se bute, dans la pratique, à des exigences qu'il est facile de s'expliquer.

Une lampe de 20 bougies 200 volts, par exemple, se compose de 2 lampes de 10/100 réunies dans la même ampoule.

Cette réunion a les inconvénients suivants : en premier lieu, en réunissant dans une seule ampoule les fils placés dans deux, nous augmentons, toutes choses égales d'ailleurs, le pourcentage de mise hors de service.

En outre, afin de ne pas trop élever le prix de revient de ces lampes et de permettre leur utilisation dans les appareils en usage, il a fallu que les ampoules eussent des dimensions voisines de celles de 110 volts. Il s'ensuit un noircissement et une détérioration plus rapides. Enfin, pour éviter le contact des filaments entre eux, il est nécessaire de les soutenir par des supports intérieurs, ce qui augmente le prix de revient.

Il faut aussi tenir compte de ce que l'on est obligé d'employer des filaments plus fins et dont la résistance mécanique ne permet pas sans danger l'utilisation à un régime à température très élevée.

Dans ces conditions, pour éviter une mise hors de service trop rapide, on a été amené à adopter un régime voisin de 3,5 watts pour ces hauts voltages.

Cette donnée une fois admise, il y a lieu d'ajouter que la fabrication des lampes de haut voltage est aujourd'hui tout à fait courante avec les filaments de carbone.

Pour les lampes à filaments métalliques, des difficultés analogues se présentent.

Pour celles du type Auer, au lieu de placer 3 lampes en série, nous serions obligés d'en mettre 6 ou de réunir 12 fils dans la même ampoule. C'est une très grosse difficulté pratique.

En même temps, le minimum d'intensité lumineuse obtenu passe de 30 bougies à 60 bougies.

Pour les lampes tantale, au lieu d'être obligé de loger une longueur de filament de 60 cm dans la même ampoule, nous aurions à loger une longueur de 1,20 m. Au lieu d'un minimum de 25 bougies, nous aurions un minimum de 50 bougies.

La réalisation de cette lampe est loin d'être impossible, mais il est à craindre que son prix très élevé ne limite son emploi à des cas spéciaux.

D'autre part, il faut ajouter que la lampe à incandescence doit surtout permettre d'obtenir de faibles intensités lumineuses, un éclairement trop intense localisé en un endroit étant souvent plutôt une gêne qu'un avantage.

Quant aux lampes dernièrement décrites et qui doivent fonctionner à un régime de 1 watt et même 1/2 watt par bougie, bien que nous soyons les premiers à souhaiter leur réalisation, nous croyons que ces lampes ne sont pas sorties du domaine du laboratoire et qu'il est bon d'attendre leur production industrielle avant d'escompter les avantages qu'elles pourraient permettre de réaliser.

Pour le moment, nous pensons qu'il faut s'attacher à profiter, d'une façon aussi économique que possible, des lampes dont nous pouvons disposer, et nous serons heureux si ce que nous avons été amené à dire peut être utile à quelques-uns des membres de la Société.

NOTE SUR L'EMPLOI DE LA CHAINE DE GALLE

ET

DES CHAINES ARTICULÉES

PAR

M. ED. HENRY

Les chaînes articulées, dites chaînes de Galle, du nom de leur inventeur, ont été surtout étudiées par l'Ingénieur Neustadt vers 1860; ce constructeur a établi rationnellement les dimensions d'une série de chaînes, pour des charges de service allant jusqu'à 20 000 kg.

D'autres Ingénieurs, spécialement les constructeurs allemands Zobel et Neubert, ont dans la suite modifié les proportions établies par Neustadt, en augmentant surtout les diamètres des tourillons des axes (*fig. 1*).

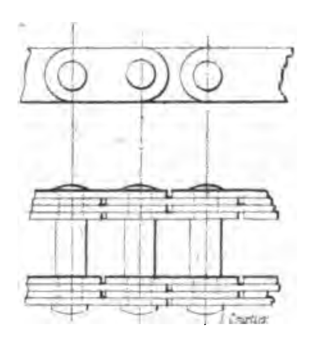
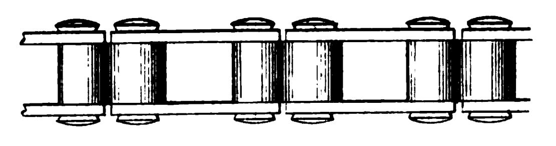


Fig. 1.

L'Ingénieur Reuleaux, dans son remarquable ouvrage *Le Constructeur*, donne des formules pour leur calcul et les fait suivre d'un tableau de dimensions des chaînes de Galle, d'après Neustadt. Si on calcule, en considérant l'action d'une dent sur un axe ou inversement, les conditions de résistance, 1° des maillons, à la traction dans les deux sections de part et d'autre de l'œil; 2° des tourillons, dans leurs deux sections de cisaillement, on reconnaît que les premiers travaillent à 8 à 9 kg par mm² et les tourillons à 8 à 12 kg.

Ces chaînes sont généralement fabriquées avec des matières de choix, fer au bois ou acier doux pour les maillons, acier pour les axes, et, dans les chaînes de fabrication soignée, les tourillons des axes sont tournés, les œils des maillons sont alésés, en prenant toutes précautions pour que le pas soit rigoureusement exact. La chaîne est ainsi, par son mode de fabrication, une véritable pièce mécanique, et c'est la sécurité qu'elle procure qui

l'a souvent fait adopter dans beaucoup d'applications, soit comme chaîne de charge dans les appareils de levage, soit comme chaîne de transmission dans des emplois divers, où elle s'enroule sur des poulies dentées, pour transmettre le mouvement de rotation d'un arbre à un autre. Mais, dans cette application, l'allongement de la chaîne, par usure des articulations, sans compromettre sa résistance, peut être un inconvénient, et c'est ce qui a motivé diverses dispositions figurées ci-dessous, en vue d'augmenter les surfaces de frottement *(fig. 2 et 3)*.



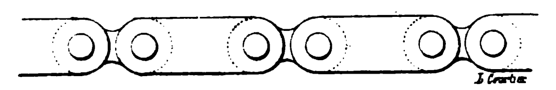
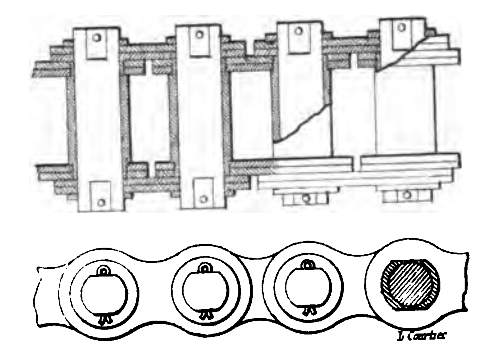


Fig. 2. Type de la M^{on} Benoit.

Dans les appareils de levage, un avantage particulier de la chaîne de Galle sur la chaîne ordinaire à mailles forgées et soudées, est qu'on peut la faire passer sans inconvénient sur un pignon denté de petit diamètre (de 8 à 10 dents), autour duquel elle s'enroule seulement d'une demi-circonférence. A l'entrée et à la sortie, ainsi qu'autour du pignon lui-même, elle doit être conduite dans un fourreau-guide, qui, à la sortie, la dirige sur un coffre où elle s'emmagasine. De ce fait, on peut réduire de beaucoup, par rapport à l'enroulement sur un tambour, la force des organes de transmission et par suite tout le poids des méca-



Type Zobel et Neubert.

Les axes, au moyen de méplats aux extrémités, sont solidaires des maillons extérieurs. De même les tubes-entretoises sont solidaires des maillons intérieurs.

Fig. 3.

nismes; on peut encore réduire l'importance des bâtis, dont l'écartement ne dépend plus de la longueur souvent importante d'un tambour.

Comme organe de transmission d'un arbre à un autre, la chaîne de Galle a reçu, depuis une trentaine d'années, une application importante dans les appareils de dragage et les excavateurs employés dans les travaux publics; certains des derniers types étudiés par MM. A. Couvreux et Ch. Bourdon comportent ce dispositif.

On a trouvé, en effet, dans la construction des dragues, un avantage important à l'emploi de la chaîne de Galle pour actionner le tourteau supérieur de commande de la chaîne à godets : car la grande distance de l'arbre inférieur, actionné par la machine, à celui du tourteau, rend délicate la mise en place de ce dernier, pour assurer le parallélisme et l'invariabilité relative de position de ces deux arbres. La chaîne de Galle n'est pas influencée dans son fonctionnement par un déplacement relatif d'une certaine importance. Mais nous devons remarquer qu'elle se trouve là dans des conditions nouvelles qui ont une influence spéciale sur son service : car on a été conduit à adopter des roues d'un nombre de dents assez grand (roues de 69 dents dans certaines dragues que nous citerons plus loin); c'est alors qu'intervient un facteur qui restait indifférent dans d'autres emplois ; c'est l'allongement de la chaîne par l'usure des tourillons et des œils des maillons. On conçoit que, quand la chaîne aura subi un certain allongement, son pas aura augmenté, tandis que celui de la denture de la roue n'aura pas varié.

On voit donc que, dès le commencement de l'usure, la chaîne n'aura plus contact avec les roues, ou menante, ou menée, que par un seul axe et une seule dent, les axes suivants ne venant au contact de la dent correspondante que successivement, en produisant un choc. Pour tenir compte de cet effet, on laisse souvent, entre les dents, un intervalle supérieur au diamètre de l'axe, afin qu'il trouve quand même à se placer sur tout l'arc enveloppé *(fig. 4)*.

Une autre conséquence résulte encore de ces conditions, et prend d'autant plus d'importance que le nombre des dents sur l'arc enroulé est plus grand : quand l'allongement aura atteint une grandeur suffisante, il arrivera, non seulement que l'axe, en entrant sur la roue, ne tombera pas à sa place, au fond de l'intervalle de deux dents, mais qu'il usera, à ce moment, la face

TAB[…]

DÉSIGNATION DES APPAREILS	PUISSANCE de la machine H	DIAMÈTRE des tourillons des axes δ	PAS de la chaîne l	NOMBRE et épaisseur des maillons i e	ROUE DENTÉE diamètre primitif D	nombre de dents N	nombre de tours par minute T
	chx	mm	mm	mm	m		
Débarquement de Toulon (1 chaîne)	25	25	150	2 de 25	1,630	34	17
Excavateur en décapement (1 chaîne)	30	36	114	4 de $\frac{90}{10}$	1,960	54	12
Débarquement de Panama (1 chaîne)	35	36	114	4 de $\frac{90}{10}$	1,600	44	15
Drague d'Anvers (2 chaînes).	60	30	114	4 de $\frac{70}{8}$	1,960	54	7,5
Drague de Panama (2 chaînes)	60	36	114	4 de $\frac{90}{10}$	1,960	54	7,5
Drague marine (2 chaînes).	180	44,4	152,5	4 de $\frac{101,5}{12,7}$	3,350	69	7

TA[…]

DÉSIGNATION DES APPAREILS	H	δ	l	i e	D	N	T
Drague de Narbonne (1 chaîne)	6,4	22	$\frac{50 + 90}{2}$	51,5	1,202	27	7,5
Drague de Besançon (1 chaîne)	8	24	90	59,5	0,580	13	16
Drague de Cadix (1 chaîne).	32	35	$\frac{72 + 130}{2}$	79,5	1,737	27	10,6
Drague de Manille (1 chaîne).	40	40	$\frac{82 + 148}{2}$	90,5	1,978	27	11
Drague de Santander (2 chaînes).	72	40	$\frac{82 + 148}{2}$	90,5	3,220	44	5,5
Bicyclette	—	4,2	12,8	2 de 1,4	0,131	32 pas	66,5
	Conditions moyennes admises : Vitesse : 20 km à l'heure; diam. de roue arrière : 700 mm. Poids total : 90 kg; résist. totale équivalente à une rampe de 30 […]						
Automobile de 40 chx. . .	20	8	35	25	0,390	35	289
	Conditions moyennes admises : Vitesse : 50 km à l'heure. Puissance employée : 20 chx.						

mbre de tours par minute	VITESSE de chaîne par seconde	EFFORT sur une chaîne	SURFACE, projetée des tourillons	EFFORT par millimètre carré de surface	ANGLE au centre pour une maille — roue	ANGLE au centre pour une maille — pignon	NOMBRE de dents par minute	LONGUEUR de frottement par minute	COEFFICIENT d'usure	
t	v	$E = \frac{75H}{v}$ ou $\frac{75H}{2v}$	$S = i \times e \times \delta$	$p = \frac{E}{S}$	$\alpha = \frac{2\pi}{N}$	$\beta = \frac{2\pi}{n}$	NT	$L = NT \frac{\delta}{2}(\alpha + \beta)$	$L \times p$	
t	m	kg	mm²	kg				m		
7,22	1,45	1 295	1 230	**1,035**	0,1846	0,7854	578	**7,01**	7,25	
58,8	1,230	1 825	1 440	**1,27**	0,1162	0,570	648	**8,01**	10,20	
60	1,256	2 090	1 440	**1,45**	0,1428	0,570	660	**8,46**	12,27	Moyenne :
36,8	0,77	2 920	960	**3,04**	0,1162	0,570	405	**4,17**	12,68	11,26
36,8	0,77	2 920	1 440	**2,026**	0,1162	0,570	405	**5,00**	10,13	
37,1	1,225	5 510	2 255	**2.44**	0,0911	0,484	483	**6,16**	15,04	
22,5	0,472	1 015	1 133	**0,895**	0,233	0,698	202,5	**2.07**	1,85	
23,1	0,485	1 235	1 428	**0,865**	0,483	0,698	208	**2,95**	2,55	
26	0,963	2 490	2 782	**0,895**	0,233	0,571	286,2	**4,03**	3,60	Moyenne :
27	1,138	2 635	3 620	**0,728**	0,233	0,571	297	**4,78**	3,48	2,83
22	0,926	2 915	3 620	**0,805**	0,143	0,571	242	**3,46**	2,79	
152	0,456	22,1	11,8	**1,88**	0,196	0,448	2 128	**2,88**	5,42	
506	5,90	127	200	**0,635**	0,180	0,314	10 115	**19,98**	12,68	

Nous remarquerons d'abord que, dans chacun des tableaux nos I et II, les résultats, inscrits dans la dernière colonne, varient à peine de simple au double, pour leurs valeurs extrêmes : accord assez remarquable, en raison d'une détermination des éléments de ces chaînes pour une grande part au sentiment ; mais il faut reconnaître aussi que les valeurs des coefficients du tableau II sont bien plus favorables que celles du premier.

Nous avons fait suivre ces tableaux de deux exemples d'emploi tout différents des précédents, à titre de comparaison ; ce sont celui d'une chaîne de bicyclette, et celui d'une des chaînes d'une voiture automobile de 40 ch, type Panhard-Levassor *(fig. 6)*.

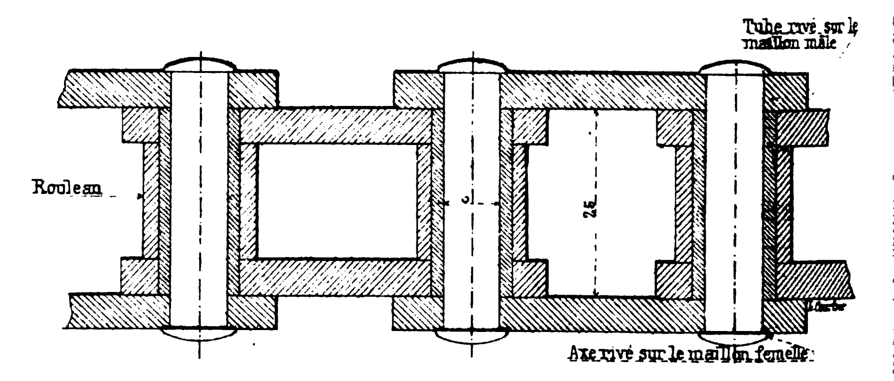


Fig. 6. Chaine de Voiture automobile.

Nous avons dû, pour ces deux machines, nous fixer comme base, un *régime moyen* ; car il est évident que les efforts varient, d'un moment à l'autre, entre des limites très écartées. Le résultat fourni par la chaîne de bicyclette diffère peu, bien que plus avantageux, de ceux figurant au tableau I. Celui, relativement élevé, que donne la chaîne d'automobile est sans doute admissible en raison du nombre peu important de dents de l'arc embrassé, et du jeu que l'axe trouve dans l'intervalle des dents.

Des considérations analogues, appliquées aux chaînes à godets des appareils de dragage, nous ont conduits à des résultats du même genre, bien que différents de grandeur, en raison de la différence dans les conditions de graissage.

LE QUATRIÈME ÉTAT DE LA MATIÈRE

PAR

PAUL BESSON

On ne peut embrasser ici un ensemble aussi considérable que la théorie des ions, électrons et corpuscules; mais il m'a semblé utile, après l'accueil que la Société des Ingénieurs civils a bien voulu faire aux trois communications que j'ai eu l'honneur de présenter devant elle, depuis 1901, sur le radium et la radio-activité, de traiter, aussi brièvement que possible, un sujet plus général, que l'on peut désigner assez exactement sous le nom de quatrième état de la matière. Plusieurs de mes collègues, n'ayant pas les loisirs suffisants pour lire les ouvrages spéciaux, m'ont engagé à exposer ces questions qui sont à l'ordre du jour et sont encore trop peu connues en France.

Il faut, tout d'abord, se bien persuader que la théorie des ions, électrons et corpuscules forme une partie de la mécanique: la mécanique intra-atomique, qui n'est pas, sans aucun doute, la vérité absolue; mais il est nécessaire de l'étudier si l'on veut comprendre et relier entre eux les phénomènes nouveaux que chaque jour la science met devant nos yeux. C'est une étape dans la conquête de la vérité; le véritable esprit scientifique ne croit jamais posséder l'absolu, et sa recherche de la plus grande lumière est la source de tout progrès.

En outre de toutes les applications que l'on peut déjà entrevoir, il y a, pour toute personne qui élève son esprit au-dessus des contingences purement utilitaires et qui se plaît aux spéculations scientifiques, un domaine inépuisable, et tout en admirant le merveilleux spectacle des applications de la science, on ne peut oublier que Montaigne commence par dire : « C'est un grand ornement que la science » et qu'il ajoute seulement ensuite : « et un outil de merveilleux service », comme l'a écrit, du reste, M. Picard, dans l'introduction de son beau livre *La Science moderne et son état actuel* :

« Les idées théoriques apparaissent de plus en plus comme » le germe fécond d'où sortent la plupart des progrès dans l'in-

» dustrie, dans l'agriculture, dans la médecine. Les rêveurs » scientifiques, qui semblent perdus dans leurs théories, sont à » leur manière des hommes pratiques; l'application vient par » surcroît. La source tarirait promptement, si un esprit exclusi- » vement utilitaire venait à dominer dans nos sociétés trop » préoccupées de jouissances immédiates. »

Personne ne peut nier les conséquences industrielles qu'ont eues les travaux théoriques de Carnot, de Mayer, de Joule, de Hirn, de Clausius, de Clapeyron, de Maxwell, pour ne parler que des morts; ce qu'ils ont fait pour l'étude de l'énergétique, d'autres l'ont fait ou le font à l'heure qu'il est, pour l'étude de la matière; cette question est aussi passionnante et aussi attachante que l'autre, il ne nous est pas permis de ne pas nous y intéresser, et on peut espérer de même que, grâce à l'énergétique, on considère les forces diverses comme formant un tout dont les parties, dérivant les unes des autres, sont en union étroite, de même on montrera la fusion entre l'énergie et la matière; ces notions qui semblent à première vue différentes se fondront dans une magnifique unité.

Dans la période de huit années qui s'est écoulée depuis la découverte de la radioactivité, on a accompli un grand progrès dans la voie de la généralisation de ces phénomènes. Partant de l'idée d'une propriété spécifique de l'uranium, du radium et de quelques autres corps, on en arrive à la croyance à un phénomène universel. Sous les influences extérieures, lumière, actions chimiques, actions électriques, etc., etc., et spontanément les atomes des corps simples peuvent se dissocier, émettre des effluves de la famille des rayons cathodiques et des rayons X, et produire parfois une émanation. Ces faits ont été prévus dans leur ensemble, d'une manière vraiment prophétique, il y a quatre-vingt-dix ans, par Faraday.

Voici, en effet, ce que ce savant écrivait en 1816 :

« Si nous concevons un changement, aussi éloigné de la » vaporisation que celle-ci est au-dessus de la fluidité; si alors » nous tenons compte de l'étendue de l'altération, à mesure que » le changement s'accentue, et alors, si nous sommes capables » de former une conception quelconque de cette altération, nous » ne tomberons peut-être pas loin de la matière radiante; et » de même que dans la dernière transformation nombre de » qualités ont été perdues, de même ici un plus grand nombre » encore disparaîtraient. »

Réfléchissant à la question pendant trois ans, par un effort de l'esprit, il crée d'intuition ce quatrième état, cherche à montrer son existence par des analogies, mais il ne la considère pas comme démontrée.

Voici ce qu'il écrit en 1819 : « Je puis maintenant faire remar- » quer une curieuse progression dans les propriétés physiques, » qui accompagne le changement de forme et qui est, peut-être, » suffisante pour déterminer, dans l'inventif et ardent savant, » un degré considérable de croyance dans l'association de la » forme radiante avec les autres formes dans la classe des chan- » gements que j'ai mentionnés. A mesure que nous nous éle- » vons de l'état solide aux états liquides et gazeux, les pro- » priétés physiques diminuent en nombre et en variétés, chaque » état perdant quelque propriété appartenant à l'état précédent. » Quand les solides sont convertis en liquide, les variétés de » dureté et de mollesse sont nécessairement perdues. Les formes » cristallines et autres sont détruites. L'opacité et la couleur » font fréquemment place à un aspect incolore et transparent, » en même temps que les particules deviennent animées d'un » mouvement général.

» Passant plus avant, jusqu'à l'état gazeux, un plus grand » nombre encore de caractères sont anéantis.

» Les grandes différences de leurs poids disparaissent presque, » les différences de couleur qui restaient encore finissent éga- » lement par se perdre. Tous deviennent transparents et élas- » tiques. Ils forment maintenant une seule série de substances, » et les variétés de dureté, d'opacité, de couleur, d'élasticité et » de forme, qui rendent le nombre des solides et fluides presque » infini, sont maintenant substituées par quelques légères varia- » tions en poids et quelques nuances insignifiantes de couleur. » Pour ceux donc qui admettent la forme rayonnante de la » matière, il n'existe aucune difficulté dans la simplicité des » propriétés qu'elle possède, mais plutôt un argument en leur » faveur. Ces personnes nous montrent bien une diminution » graduelle de propriétés de la matière, diminution que nous » pouvons apprécier à mesure que la matière parcourt l'échelle » de formes, et elles seraient étonnées si cet effet devait cesser » avec l'état gazeux. Elles font remarquer les efforts plus grands » que la nature fait à chaque pas de changement et pensent, par » conséquent, que ce changement devrait être des plus grands » dans le passage de la forme gazeuse à la forme radiante. »

La prédiction de Faraday semble s'être réalisée; en effet, depuis que nous connaissons la théorie cinétique, méthode dynamique introduite par Maxwell, développée par Kirchhoff et par Boltzmann, les gaz sont considérés comme étant formés d'un nombre infini de petites particules ou molécules se mouvant constamment dans toutes les directions avec des vitesses de toutes les amplitudes; comme ces molécules sont très nombreuses, il leur est impossible de se mouvoir sans se rencontrer; mais quand on épuise l'air ou le gaz contenu dans un vase fermé, le nombre des molécules diminuant, l'espace à travers lequel l'une d'elles peut se mouvoir sans en rencontrer une autre est augmenté, la longueur moyenne de chemin de libre parcours étant, en raison inverse du nombre des molécules présentes. Quand on pousse le vide à l'extrême, et qu'on produit un champ électrique intense, on observe tous les phénomènes si curieux des tubes de Crookes. Ce savant s'exprimait ainsi dans une conférence sur la *Matière radiante* (22 août 1879) :
« Tous ces phénomènes sont si distincts de tout ce qui se passe
» dans l'air ou dans un gaz à la pression ordinaire, que nous
» sommes portés à admettre que nous nous trouvons en face de
» la matière dans un quatrième état ou condition; condition
» aussi éloignée de l'état de gaz qu'un gaz l'est d'un liquide. »

Je rappellerai brièvement les propriétés observées par Crookes : la matière radiante exerce une action phosphorescente très puissante partout où elle frappe; elle marche en ligne droite; étant interceptée par une matière solide, elle renvoie une ombre; elle exerce une forte action mécanique partout où elle frappe; elle est déviée par un aimant; elle produit de la chaleur quand son mouvement est arrêté.

Nous verrons, dans la suite, que le caractère le plus distinctif de la matière à l'état radiant est la faible masse et la forte charge électrique.

Ions et Électrons.

La théorie des ions et électrons a été d'abord introduite dans l'étude de l'électrolyse. L'hypothèse d'Arrhénius sert à expliquer la loi de Faraday et les phénomènes électrolytiques.

On considère qu'un corps dissous a beaucoup d'analogie avec un gaz : de même que les molécules d'un gaz se meuvent dans l'éther qui les environne, les molécules d'un corps dissous se

meuvent au sein du dissolvant, en y développant exactement la même pression que si on les gazéifiait dans le même espace.

Cette loi de la pression osmotique énoncée par Van't Hoff permet d'assimiler étroitement les solutions étendues aux gaz, mais elle ne s'applique qu'aux solutions non conductrices de l'électricité, qui, par suite, ne s'électrolysent point. Dans les solutions étendues de sels ou d'acides, on observe que la pression osmotique est environ le double de celle qu'indique la loi de Van't Hoff.

Voici comment Arrhénius explique cette anomalie : un sel en dissolution est toujours dissocié pour une part d'autant plus grande que la dissolution est plus étendue. La molécule du sel se fractionne en deux parties, que l'on nomme *ions* : le métal et le radical. Ces ions possèdent des quantités égales d'électricités contraires : leur charge, positive pour le métal, négative pour le radical, est simplement proportionnelle à leur valence et correspond à 96 600 *coulombs* par valence-gramme ou $96\,600 \times 3 \times 10^9$ *Unités électrostatiques*.

Le chlorure de sodium, par exemple, en dissolution étendue, existe à l'état de ions-chlore négatifs et ions-sodium positifs. Ils restent sans action chimique sur le dissolvant, parce que leur état d'électrisation modifie beaucoup leurs affinités chimiques. Quand on fait passer un courant électrique, les ions, obéissant à l'action du champ électrique compris entre les électrodes, sont entraînés, les négatifs vers l'anode positive et les positifs vers la cathode négative. Quand ils arrivent au contact des électrodes, les ions se déchargent et reprennent leurs propriétés chimiques ordinaires. Les ions sont les seuls véhicules de l'électricité ; le dissolvant et les molécules du sel non dissociées n'interviennent pas dans le transport électrique.

Voici la forme que l'on donne maintenant à la loi de Faraday : « Dans toute électrolyse, le nombre des valences rompues est indépendant de l'électrolyte et proportionnel à la quantité d'électricité qui a passé. » (CHASSAGNY).

Cela résulte des hypothèses faites sur les ions dont on suppose la charge constante et proportionnelle à leur valence.

Nous avons vu que l'atome avec sa charge s'appellent *ion*, la charge seule de l'ion monovalent a été désignée sous le nom d'*atome d'électricité* ou *électron*.

Il est intéressant de connaître le rapport de la charge d'électricité à la masse du plus petit atome connu, celui d'hydrogène.

Ce rapport est l'équivalent électrochimique de l'hydrogène. Voici le calcul très simple qui permet de déterminer la valeur de ce rapport.

Nous avons dit que la valence-gramme portait 96 600 coulombs ou $96\,600 \times 3 \times 10^9$ *unités électrostatiques ;* or, cette quantité d'électricité dégage 1 g d'hydrogène, qui occupe un volume de 11 160 cm^3, dans les conditions normales Si, dans ces conditions, 1 cm^3 de gaz contient M molécules ou 2M atomes, et si e est la charge transportée par l'atome d'hydrogène, on a :

$$96\,600 \times 3 \times 10^9 = 11\,160 \times 2Me,$$

ou

$$Me = 1{,}29 \times 10^{10}, \qquad (1)$$

Soit m la masse d'un atome d'hydrogène,

On a :

$$1 = 11\,160 \times 2Mm. \qquad (2)$$

On tire de (1) et (2),

$$\frac{e}{m} = 96\,600 \times 3 \times 10^9 = 0{,}29 \times 10^{15} = 0{,}000966 \times 10^7 . \text{ U.C.G.S.}$$

Les deux valeurs Me et $\frac{e}{m}$ sont fournies par l'expérience.

Voici les diverses hypothèses que l'on a faites sur les ions électrolytiques ; quand les ions arrivent à une électrode, on a admis que les électrons entraient en circuit pour produire un courant électrique, qui serait formé par un mouvement d'électrons libres à travers l'espace intraatomique. On a admis aussi que seuls les électrons négatifs pouvaient cheminer, car seuls ils pouvaient exister librement. On a admis également que pendant qu'un ion négatif se déposait sur l'anode en cédant l'électron négatif, l'ion positif arrivant au contact de la cathode lui prenait un électron négatif. Pour pouvoir séparer un électron négatif d'un atome neutre, il faut dépenser une certaine quantité d'énergie destinée à vaincre l'attraction qui retient l'électron à l'ion positif, de même qu'il faut dépenser de l'énergie pour fondre un solide ou vaporiser un liquide.

L'énergie que l'on dépense ainsi est employée à dissocier ou ioniser la matière.

A la suite des travaux de Lorentz, de Larmor et de Zeemann, on a étendu la théorie des ions et électrons à la matière elle-même; il y a deux sortes d'électrons; les positifs et les négatifs; ces derniers pouvant seuls exister librement et se séparant très

facilement pour les métaux. Leur propriété fondamentale consiste en la possession de charges électriques agissant entre elles de manière définie par les équations de Maxwell et de Hertz. Comme on le voit, on a été dans l'impossibilité de séparer la conception de la charge de la particule de matière qui la porte, et, à mon avis, on a eu tort de ne pas créer une terminologie précise des éléments que l'on voulait désigner. On dit, par exemple, lorsqu'un gaz devient conducteur de l'électricité sous des influences quelconques, qu'il est ionisé; or peut-on vraiment parler d'un ion positif de gaz chlore en voulant désigner la portion positive, alors que dans la théorie électrolytique on sait que cet ion est toujours négatif? Peut-on établir une analogie entre l'ion électrolytique et la particule négative du gaz, quand on montre, comme nous le verrons dans la suite, que la masse de cette particule et ses dimensions sont 1 000 fois plus petites que celles de l'atome d'hydrogène? Il est impossible, tant au point de vue chimique qu'au point de vue physique, d'identifier les particules électrisées des électrolytes et celles des gaz : les premières sont identiques à l'atome chimique et les secondes en général sensiblement différentes. En attendant que le prochain Congrès de l'Ionisation établisse une terminologie précise, nous sommes obligés d'employer le nom d'électron alors que celui de corpuscule convient mieux et que celui d'électrion est proposé par certains.

Pour Jean Perrin, les atomes se composent, — nous avons eu l'occasion de le dire dans nos deux dernières communications, — d'un ou plusieurs électrons positifs fonctionnant comme un ou plusieurs soleils autour desquels tournent avec une vitesse considérable des *électrons négatifs* dits *corpuscules*.

Sous l'influence de causes extérieures que, nous examinerons, ou spontanément et avec une intensité maximum dans les corps fortement radioactifs, les corpuscules s'échappent de la zone d'attraction et se libèrent. Les électrons déterminent des phénomènes électrostatiques, quand ils sont immobiles; des courants continus, quand ils constituent un flux uniforme, et des phénomènes électromagnétiques ou optiques, quand ils se meuvent d'un mouvement non uniforme ou lorsqu'ils possèdent un mouvement périodique. C'est la rotation de ces petits corps qui imprime à l'éther environnant les vibrations constitutives de la lumière, chaque fois, que par une cause extérieure à l'atome, leur trajectoire est légèrement perturbée. La période de la vi-

bration lumineuse ainsi émise est la même que la périodicité du mouvement tournant de ces corpuscules autour du centre de l'atome. Le nombre de tours dépend de la distance des corpuscules au centre, en moyenne il est de 500 trillions par seconde.

Les Membres de la Société que la question intéresse peuvent consulter les deux volumes édités par la Société Française de Physique où MM. les professeurs Abraham et Langevin ont réuni les mémoires français et étrangers sur les *ions, électrons et corpuscules*; comme ouvrages moins étendus, je les renvoie à la conférence de sir Oliver Lodge, sur *Les Électrons*, traduite de l'anglais par mes camarades MM. Nugues et Péridier, où toute la théorie est fort bien expliquée; enfin au livre de M. le professeur Righi, *Les théories modernes des phénomènes physiques*, traduit de l'italien par M. Néculcéa.

Je vais examiner quelques-unes des causes produisant l'ionisation.

1° Ionisation par réaction chimique, par le phosphore, par production de gaz naissant.

Quand un gaz prend naissance, il est ionisé, par suite capable de décharger les corps électrisés. Voici comment cette désélectrisation s'effectue : si le corps est chargé positivement, les électrons négatifs sont attirés par lui et viennent masquer sa charge; le mouvement des ions ne prend fin que lorsque le corps ne les attire plus, étant complètement désélectrisé; si le corps est chargé négativement, il se décharge en attirant les électrons positifs.

La présence du phosphore dans une enceinte suffit pour produire l'ionisation du gaz de l'enceinte.

2° Ionisation par combustion.

Si l'on place une sphère de cuivre électrisée au-dessus d'un réchaud à gaz, on constate qu'elle se désélectrise. M. Villard a montré que si on place au-dessus du réchaud deux toiles métalliques superposées, les gaz de la combustion ne sont plus capables de décharger la sphère de cuivre, les gaz ne sont plus ionisés. On peut constater que cela n'est pas le simple refroidissement qui agit, en utilisant les gaz refroidis, sans être mis en contact avec une paroi métallique.

3° Ionisation dans les ampoules de Crookes.

Jean Perrin a montré que les rayons cathodiques transportent avec eux de l'électricité négative, en les recevant dans un petit vase métallique, renfermé dans un tube de Crookes et relié à un électroscope. Ce vase fonctionne comme un cylindre de Faraday; on sait que le signe de la charge électrique acquise par l'électroscope est le même que le signe de l'électricité placée à l'intérieur du cylindre. Perrin a observé que, lorsque les rayons cathodiques se produisaient, l'électroscope déviait de plus en plus et que l'électricité reçue était négative. Comme, à première vue, il semble impossible de concevoir des charges non liées à la matière, on considère les rayons cathodiques comme constitués par des particules matérielles électrisées négativement. On conçoit dès lors très bien l'action déviatrice que produit le champ magnétique sur ces particules.

Lenard a pu faire sortir des particules de l'ampoule en ménageant en face de la cathode une fenêtre fermée par une très mince feuille d'aluminium, qui laisse passer des particules et empêche l'air d'entrer. Il a constaté que ces particules avaient les mêmes propriétés que celles qui partent d'une pointe métallique reliée au pôle négatif d'une machine électrique; il a constaté que si ces particules passent entre les plateaux d'un condensateur électrique, un des plateaux les attire, l'autre les repousse; que le champ magnétique les déviait, agissant sur une file de particules, qui, nous le verrons, sont animées d'une grande vitesse, comme sur un conducteur flexible parcouru par un courant électrique, que l'action du champ courbe Entre la cathode et l'anode règne un champ électrique qui agit sur les corpuscules chargés d'électricité, et de masse très faible, comme nous le verrons. Ces corpuscules prennent une vitesse considérables et ionisent par choc les atomes de gaz qu'ils rencontrent; les ions positifs se précipitent sur la cathode en la choquant violemment et en ionisant ses molécules. Les corpuscules qui proviennent de cette ionisation, sous l'influence du champ intense qui entoure la cathode, s'éloignent de celle-ci avec une itesse considérable. Il se produit de nouveaux chocs, par suite ormation de nouveaux corpuscules, et ainsi de suite. Si le gaz st raréfié, il n'y a pas de rencontre de particules, et une grande uantité de celles-ci viennent frapper la paroi du tube en proiisant les phénomènes du tube de Crookes.

Si le vide est moindre, tous les corpuscules rencontrent les molécules de gaz ; la lumière émise au moment de l'ionisation constitue cette gaine lumineuse qui entoure le tube de Geissler.

Les ions positifs sont absorbés par la cathode et forment les rayons canaux ou Kanalstrahlen de Goldstein. Les corpuscules négatifs forment les rayons cathodiques. Quand ces corpuscules viennent choquer les parois de l'ampoule, comme des projectiles animés d'une vitesse considérable, leur énergie cinétique est transformée : partie en chaleur, la région de l'ampoule où règne le bombardement s'échauffe; partie en fluorescence verte; partie enfin se transforme en radiations spéciales ou rayons X. Ce sont des ondes solitaires, naissant de chaque choc; elles ne peuvent se polariser ou se réfracter; elles ne sont pas déviées par les champs magnétiques et électriques; elles jouissent de la propriété d'ioniser les gaz. La propagation se fait avec la vitesse de 300000 km à la seconde, comme toutes les perturbations de l'éther.

4° Radioactivité.

Nous avons déjà traité à plusieurs reprises ce sujet, nous passerons donc rapidement sur quelques compléments.

Nous avons dit que si l'on soumettait les rayons de Becquerel à l'action d'un champ magnétique, on constatait la présence de trois groupes principaux de rayons.

Les rayons α dont les propriétés sont analogues à celles des kanalstrahlen; les rayons β, plus ou moins déviables, dont une partie est analogue aux rayons cathodiques; enfin les rayons γ, non déviables, qui sont des rayons X. Les corps radioactifs ionisent fortement les gaz et les diélectriques liquides.

Le nombre des corpuscules, qui gravitent autour du centre de l'atome varie avec le poids atonique. L'atome d'hydrogène, qui en renferme le moins, en compte environ 2 000; les corps à poids atomique élevé, comme l'uranium 240, le radium 225, en possèdent probablement 300 000; en moyenne, les corpuscules sont aussi loin du centre de l'atome que les planètes du centre du soleil, eu égard au rapport des diamètres.

Pour les corps à poids atomique élevé, certains corpuscules sont assez éloignés du centre de giration, ils sont prêts à se détacher et à former des corpuscules cathodiques. Les corps radioactifs sont des combinaisons instables; dès lors, l'énergie des corps radioactifs peut être considérée comme ayant une

origine analogue à l'énergie thermique fournie par les combinaisons chimiques, avec cette différence que, dans ces dernières, il s'agit d'atomes à l'état libre ou sortant d'autres combinaisons s'unissant pour former de nouvelles molécules; pour les corps radioactifs, il s'agit de corpuscules provenant d'atomes instables, qui s'unissent pour former des atomes plus durables.

Les corpuscules, qui se libèrent, forment les rayons β; les rayons α sont formés d'ions positifs, même d'atomes ou groupement d'atomes. L'émanation radioactive, qui jouit de propriétés si curieuses, est probablement constituée par ces mêmes ions positifs ou par des modifications de ces ions. La partie de l'atome non désagrégée constitue un corps, qui sera lui-même moins radioactif, capable de fractionnements ultérieurs.

Dès 1893, M. Landolt avait constaté que certaines réactions physiques ou chimiques s'accomplissaient, dans quelques cas, avec une variation de poids supérieure aux erreurs de l'expérience; depuis, en 1903, M. Heydweiller a vérifié cette perte pour les corps radioactifs. Chaque réaction produisant une ionisation temporaire, serait accompagnée d'une perte de poids, une fraction de matière passant au quatrième état. La désagrégation de la matière, ou plus exactement la transformation, a été observée pour le Radium, qui devient de l'hélium, d'après les expériences de Dewar, Curie, Ramsay; d'après Rutherford et Soddy, la transformation est plus compliquée : l'uranium se transformerait en un temps estimé à 500 millions d'années en radium; ensuite la série des stades successifs, avec la durée totale de chacun d'eux est la suivante :

Radium.	1 300 ans;
Emanation	4 jours;
Radium A.	3 minutes;
Radium B.	21 minutes;
Radium C.	28 minutes;
Radium D. , ...	40 ans;
Radium E.	6 jours;
Radium F.	143 jours.

Tous ces différents radiums composent le radium que nous connaissons et il a été possible de déterminer les propriétés de chacun d'eux.

C'est aux radiums D et E que le plomb devrait sa radioactivité, et le polonium la devrait au radium F.

Le radium dégagerait des particules α, qui seraient des atomes d'hélium; il renfermerait cinq produits d'où émaneraient ces particules. Voici comment Rutherford calcule le poids atomique probable de l'élément de transformation venant après le radium F, en partant du poids atomique du radium 225, et en retranchant cinq fois le poids atomique de l'hélium 4, il reste le nombre 205, très voisin du poids atomique du plomb 206. Il semble se confirmer que le plòmb est le produit suivant le radium dans la transformation ; en effet, dans tous les minéraux radioactifs, le plomb se trouve en proportion théorique par rapport à l'uranium, si l'on se sert de la quantité d'hélium présente pour calculer l'âge probable du minéral.

Propriétés générales des corpuscules.

Nous avons déjà signalé que les corpuscules étaient déviés par les champs électriques et magnétiques et qu'ils étaient chargés d'électricité négative.

Les corpuscules possèdent aussi la propriété de servir de centres de condensation aux vapeurs sursaturées, qui forment un brouillard ou des gouttelettes liquides; ils se comportent comme les poussières de l'air.

Les premières expériences datent de 1875 et ont pour auteur M. Coulier, professeur au Val-de-Grâce, qui fit paraître une note « *sur une nouvelle propriété de l'air*. » Il observa qu'en détendant l'air enfermé dans un ballon contenant de l'eau, il y avait formation de brouillard ; que lorsque l'air était filtré, la condensation ne se faisait plus ; qu'elle se produisait à nouveau, si on introduisait dans le ballon un gaz naissant ou si l'on faisait rougir par un courant électrique, un fil placé dans l'enceinte.

Depuis, on s'est rendu compte que ce phénomène était dû à la présence de corpuscules provenant de l'ionisation et que les rayons x ou les rayons du radium produisaient le même effet.

La présence de l'émanation radioactive dans l'atmosphère, qui a été reconnue par Elster et Geitel, montre qu'il y a des ions positifs et négatifs identiques à ceux que produisent les rayons x et dus à l'action de substances radioactives, dont l'existence constante, en petite quantité, est démontrée. La détermination du nombre des ions et de la conductibilité qu'ils communiquent à l'air, a une grande importance pour l'étude de la météorologie, tant pour la condensation, origine des pluies et orages,

que pour la variation du champ magnétique, que pour la cause du champ électrique.

M. Langevin poursuit, à l'heure qu'il est, ces études à l'Observatoire de la Tour Eiffel; il en est, de même, de MM. Nordmann et Deslandres de l'Observatoire de Paris.

M. Deslandres suppose que, dans notre atmosphère, pénètrent des corpuscules cathodiques, provenant du soleil où ils prennent naissance entre les parties hautes de l'atmosphère solaire très raréfiées et le soleil lui-même. Cela serait aussi l'origine de la lumière des nébuleuses, des comètes, des aurores boréales et orages magnétiques; les variations d'intensité proviendraient des variations d'activité solaire et de l'importance des taches.

La déviation des rayons cathodiques, sous l'action des champs et la production des brouillards, servent de base au calcul de la vitesse des corpuscules et à celui du rapport $\frac{e}{m}$ de leur charge électrique à leur masse. Plusieurs méthodes ont été employées; nous les signalerons, sans entrer dans le détail du dispositif expérimental; les procédés de calcul sont d'une élégante simplicité.

1° Expériences de J. J. Thomson

Il calcule le nombre des corpuscules produits, en un temps donné, de la façon suivante.

Dans un milieu privé de poussières, il provoque la formation de corpuscules électrisés négativement, et produit une condensation en faisant une détente faible pour éviter cette condensation autour des ions positifs. Il se produit un nuage formé de gouttelettes très fines, chacune ayant pour centre le corpuscule électrisé. Sous l'influence de la pesanteur, le nuage tombe très lentement au fond. En produisant et en arrêtant la formation des corpuscules, on peut mesurer la vitesse de chute du nuage. On calcule la grosseur de chaque gouttelette, par la formule suivante :

$$9\mu v = 2gr^2$$

où v est la vitesse de chute des gouttelettes, r l'inconnu, le rayon de la gouttelette, μ le coefficient de viscosité de l'air égal à 0,00018 et g l'accélération due à la pesanteur.

En ayant la grosseur de chaque gouttelette, on a son poids; d'autre part, il est facile de mesurer la masse en grammes de la

totalité de l'eau condensée, le quotient de la masse totale par celle d'une gouttelette donne le nombre de celles-ci, par suite celui des corpuscules. On a donc le nombre N.

Thomson soumet le rayonnement à l'action d'un champ magnétique d'intensité H, si m est la masse d'un corpuscule, e sa charge électrique, V la vitesse et ρ le rayon de la trajectoire. On a la relation connue :

$$V = H\rho \frac{e}{m} \qquad (1)$$

dans laquelle H et ρ sont mesurables.

Voici, comment cette formule est établie. Le centre cathodique de charge e et de vitesse V est assimilable, d'après la théorie de Maxwell, à un élément de courant de moment ; eV il est soumis, dans un champ magnétique H perpendiculaire à la direction de sa vitesse, à une force perpendiculaire à la direction précédente et égale, d'après la formule de Laplace, à HeV. Cette force transforme la trajectoire rectiligne en une circonférence de rayon tel que la force centrifuge $\frac{mV^2}{\rho}$ soit égale à la force précédente.

$$HeV = \frac{mV^2}{\rho} \text{ ou } V = H\rho \frac{e}{m}$$

Thomson mesure ensuite la charge négative abandonnée par les corpuscules, déviés par le champ magnétique, en pénétrant dans un cylindre de Faraday relié à un électromètre et, à l'aide d'un couple thermoélectrique, il mesure également l'énergie transportée. On a les deux relations :

$$Q = Ne, \qquad (2)$$

$$W = \frac{1}{2} mV^2N. \qquad (3)$$

Q quantité totale d'électricité transportée, N nombre des corpuscules, e la charge de chacun d'eux, W leur énergie cinétique ; en éliminant N entre les 3 équations, on a les valeurs de V et de $\frac{e}{m}$, en fonction de quantités mesurables.

$$\left\{ \begin{array}{l} V = \dfrac{2W}{QH\rho}, \\ \dfrac{e}{m} = \dfrac{2W}{QH^2\rho^2}. \end{array} \right.$$

Thomson a fait également des mesures en employant simplement la déviation par le champ magnétique et par le champ électrique; on obtient deux relations ne renfermant pas la valeur N.

Quelle que soit la méthode employée, le rapport $\frac{e}{m}$ a été trouvé de l'ordre de 10^{15}, environ 251×10^{15} ou $1{,}17 \times 10^{7}$ U. C. G. S.; il est 663 fois plus grand que le rapport trouvé pour l'ion électrolytique d'hydrogène, qui a pour valeur $0{,}289 \times 10^{15}$, soit $0{,}000966 \times 10^{7}$ U. C. G. S.

2° Expériences de Wilson.

Wilson produit la condensation de la vapeur d'eau sous forme de brouillard et la fait passer entre deux plateaux métalliques parallèles qu'il électrise de signe contraire. La vitesse de chute des gouttelettes est augmentée ou diminuée, suivant la direction de la force électrique.

Soit V_1 la vitesse de chute sans qu'il y ait de champ électrique, V_2 quand le champ existe et qu'il accélère la chute, X l'intensité du champ électrique, e la charge électrique d'un corpuscule, m la masse d'une gouttelette, g l'accélération de la pesanteur.

On a, en écrivant que les quantités de mouvement sont égales :

$$mgV_2 = (mg + Xe)V_1. \qquad (1)$$

De la formule de chute vue précédemment, $9\mu V_1 = 2gr^2$ $\mu = 0{,}00018$.

On tire : $$m = 3{,}14 \times 10^{-9} \times V_1^{\frac{3}{2}}. \qquad (2)$$

En éliminant m entre les deux équations, on tire :

$$e = 3{,}14 \times 10^{-9} \times \frac{g}{X}(V_2 - V_1)\sqrt{V_1}$$

Wilson a trouvé e en fonction des quantités X, V_1, V_2 mesurables, sa valeur est égale à $3{,}1 \times 10^{-10}$, sensiblement égale au nombre trouvé par Thomson et coïncidant avec la charge de l'ion électrolytique d'hydrogène, si on adopte pour sa masse la valeur que donne la théorie cinétique.

3° Expériences de Kaufmann.

Kaufmann utilise un cylindre de Faraday, placé à l'intérieur d'un tube de Crookes, soit V la chute de potentiel connue, sous laquelle se produit la décharge entre la cathode et le cylindre qui reçoit les rayons.

L'énergie cinetique acquise par les corpuscules cathodiques est égale au travail Ve, si v est la vitesse des corpuscules, leur énergie cinétique a pour valeur $\frac{1}{2} mv^2$. On a donc la relation :

$$\frac{1}{2} mv^2 = Ve. \qquad (1)$$

Si on soumet les corpuscules à l'action d'un champ magnétique uniforme d'intensité H perpendiculaire au faisceau, ce dernier se recourbe en un cercle de rayon ρ, qui se mesure par le déplacement du point où le faisceau frappe le fond du cylindre, nous obtenons la relation que nous avons déjà vue :

$$v = H\rho \frac{e}{m}. \qquad (2)$$

De ces deux relations on tire :

$$\begin{cases} v = \dfrac{2V}{H\rho}, \\ \dfrac{e}{m} = \dfrac{2V}{H^2\rho^2}. \end{cases}$$

Résumé.

La valeur $\frac{e}{m}$ a été trouvée constante et indépendante du gaz contenu dans le tube de Crookes et de la nature de la cathode. M. Simon, en suivant la méthode de Kaufmann, a déterminé cette valeur, en 1899, égale à $559,5 \times 10^{15}$, ou $1,865 \times 10^7$ U. C. G. S., elle est 2 000 fois plus grande que celle qui correspond aux ions d'hydrogène électrolytique $0,289 \times 10^{15}$, ou $0,000966 \times 10^7$ U. C. G. S. La vitesse V varie entre 5×10^9 et 7×10^9 cm s., soit 50 000 km, 70 000 km et même 100 000 km.

On a trouvé, d'après les travaux faits non seulement sur les

rayons cathodiques, mais encore sur les rayons de Lenard, sur les rayons ultraviolets et les rayons β du radium que le rapport $\frac{e}{m}$ variait de 228×10^{15} à $559,5 \times 10^{15}$, qu'il avait donc une valeur de 600 à 2000 fois plus grande que celle correspondant aux ions d'hydrogène en électrolyse, pendant que la vitesse des corpuscules pouvait aller de 50000 à 100000 km, même à 283000 km pour certains rayons β.

Quant aux particules formant les rayons α du radium que l'on suppose être identiques aux atomes d'hélium, la vitesse a pour valeur $V = 2,6 \times 10^9$ cm s. ou 26000 km s., et le rapport $\frac{e}{m}$ est égal à $0,065 \times 10^{15}$; les Kanalstrahlen ont seulement une vitesse de 3600 km s. avec $\frac{e}{m} = 0,009$ à $0,012 \times 10^{15}$. Il y a tout lieu de supposer que la valeur e est constante dans tous les cas et justement égale à $3,1 \times 10^{-10}$ trouvé pour la charge de l'ion électrolytique (expérience de Wilson); on l'a, du reste, admis.

On peut déduire de ce qui précède que si, pour les rayons cathodiques, le rapport $\frac{e}{m}$ est, dans certains cas, 2000 fois plus grand que celui trouvé en électrolyse, cela veut dire, e étant constant, que certains corpuscules ont une masse m 2000 fois plus petite que la masse de l'atome le plus petit, l'atome d'hydrogène; certains ont seulement une masse 600 fois plus faible. Voici alors les propriétés des divers rayons du radium, ayant une origine corpusculaire :

Rayons α $\begin{cases} V = 26\,000 \text{ km s. en moyenne,} \\ \frac{e}{m} = 0,065 \times 10^{15} \text{ ou } 0,000316 \times 10^7 \text{ U. C. G. S.} \end{cases}$

La valeur de $\frac{e}{m}$ étant plus petite que celle des rayons cathodiques, m est relativement grand.

Ces rayons sont faiblement déviés, car leur masse est grande par rapport à leur charge; ils sont peu pénétrants à cause de leur masse et de leur faible vitesse.

On remarque, à ce sujet, que 12 feuilles d'aluminium battu laissant encore passer 41 0/0 du rayonnement, une 13e l'arrêtera complètement; de même les rayons α disparaissent brusque-

ment dans l'air, après avoir parcouru 6,7 cm; ils cessent subitement d'avoir l'action photographique, l'action ionisante ou l'action phosphorescente; comme à ce moment les rayons possèdent encore 40 0/0 de leur vitesse initiale, il y a donc une vitesse critique, au-dessous de laquelle ils ne sont plus perceptibles. On remarque aussi que, si on présente aux rayons α un même nombre de disques formés d'aluminium et de laiton soudés, par exemple, la pénétration des rayons est plus forte si les disques sont présentés côté aluminium, au lieu de l'être côté laiton. Il semble que, de même que des projectiles en acier dur coiffés d'un métal mou sont plus pénétrants, de même les projectiles sont plus pénétrants si l'obstacle qui leur est opposé présente sur sa face frappée le métal le moins dur et le plus pénétrable.

$$\text{Rayons } \beta \left\{ \begin{array}{l} V = 50\,000 \text{ à } 283\,000 \text{ km. s.} \\ \dfrac{e}{m} = 600 \text{ à } 2\,000 \text{ fois la valeur pour l'hydrogène.} \end{array} \right.$$

Malgré la grande vitesse, les rayons sont fortement déviés, la masse m étant très petite et la charge e par rapport à la masse étant forte; ces rayons sont beaucoup plus pénétants que les rayons α, comme des projectiles de calibre réduit, mais animés d'une plus grande vitesse.

Pour les rayons β les moins pénétrants, $\frac{e}{m}$ est voisin de la valeur trouvée pour les rayons cathodiques, la vitesse est relativement modérée; pour les rayons les plus pénétrants, le rapport se réduit de moitié quand la vitesse des corpuscules est des $\frac{9}{10}$ de celle de la lumière; cela veut dire que la valeur m croît rapidement avec la vitesse, quand celle-ci est voisine de la lumière.

D'après Kaufmann, on est conduit à admettre, la charge étant constante, que pour les vitesses de cet ordre, il y a augmentation de la masse; les électrons ne seraient pas, dès lors, de la matière au véritable sens du mot, et ils ne posséderaient pas d'autre masse que celle qu'ils semblent posséder par suite de leur mouvement et de leur charge. La masse matérielle ne serait, en réalité, qu'une masse électromagnétique. Les électrons seraient de simples charges électriques privées de matière, ou encore, une modification de l'éther autour d'un point, simulant parfai-

tement, en vertu des lois du champ magnétique, l'inertie, présentant ainsi la propriété fondamentale de la matière.

C'est là, sans doute, une hypothèse très hardie sur la constitution de la matière, et cependant, quand on se reporte au livre publié à Vienne en 1758, par le père jésuite Boscovich *Philosophiæ naturalis theoria reducta ad unicam legem.*

On voit qu'il conçoit la matière comme formée de points physiques doués de forces attractives et répulsives ; il y a là en germe notre théorie moderne, que Leibnitz eût pu, peut-être, relier à la monade. On peut ne pas être entièrement satisfait par une hypothèse, qui explique la matière inconnue par l'énergie qui n'est guère mieux connue, mais qui est bien la seule réalité objective tombant sous nos sens ; cela peut paraître une pétition de principe ; cependant, je tiens à montrer, par deux exemples, que, la théorie des électrons se prête parfaitement à la vérification de certains faits démontrés par d'autres méthodes.

On voit dans le mémoire de M. Druke sur les métaux le fait suivant. Si on calcule le rapport de la conductibilité thermique à la conductibilité électrique, que l'on sait être une constante universelle proportionnelle à la température absolue (loi de Wiedmann-Franz), en se servant des méthodes fournies par la théorie cinétique et par celle des électrons, on constate que ce rapport $\frac{K}{\sigma} = \frac{4}{3}\left(\frac{\alpha}{e}\right)^2 T$, valeur dans laquelle α est la constante universelle, que l'on trouve dans la théorie cinétique égale à $5{,}6 \times 10^{-17}$; e est la charge électrique de l'électron $3{,}4 \times 10^{-10}$ d'après J.-J. Thomson, et T est la température absolue.

La théorie cinétique et celle des électrons conduisent à la vérification de la loi de Wiedmann-Franz que l'on établit expérimentalement.

On trouve dans le *Physikalische Zeitschrift* du 15 février 1905 une note de M. Victor Fisher sur la masse matérielle et la masse électrique.

Si on écrit la loi de Newton sous la forme suivante :

$$P = \frac{1}{\varepsilon} \frac{m^1 m^2}{r^2}.$$

en posant $K = \frac{1}{\varepsilon}$ on tire la valeur connue de K,

constante terrestre $\quad K = 66{,}8 \times 10^{-9}$

et $\quad \varepsilon = 1{,}5 \times 10^{-7}$.

Si, d'autre part, on pose une équation analogue pour la loi des attractions électriques (loi de Coulomb), on a, par définition du système de mesure électrostatique C. G. S.

$$\varepsilon^1 = 1$$

Il suit de là qu'en considérant la masse électrique et la masse matérielle comme des grandeurs homogènes (hypothèse suggérée par la théorie des ions), on est amené à conclure que l'unité de la première est $1{,}5 \times 10^7$ fois plus grande que l'unité de la seconde. Ce nombre concorde d'une manière remarquable avec la moyenne des valeurs observées pour $\frac{e}{m}$.

J. J. Thomson	$\frac{e}{m} = 1{,}17 \times 10^7$ U. C. G. S.
Runge et Paschen	$\frac{e}{m} = 1{,}6 \times 10^7$
W. Kaufmann	$\frac{e}{m} = 1{,}875 \times 10^7$
S. Simon	$\frac{e}{m} = 1{,}865 \times 10^7$

e égal à la charge ionique ordinaire de l'ordre de grandeur 3×10^{-10}, unités électrostatiques ou 10^{-20} unités électromagnétiques.

Le temps seul pourra nous montrer l'exactitude de la conception moderne qui joint le pondérable à l'impondérable; il faudra un génie comme Pascal ou Newton pour établir les lois de la mécanique intraatomique. L'interprétation des phénomènes que nos sens nous décèlent est souvent erronée, comme l'a dit Lucrèce dans le *De Natura rerum* : « Nous voyons avec surprise une foule de phénomènes, qui tendent tous, mais en vain, à diminuer la confiance due aux sens. L'erreur vient en grande partie des jugements de l'âme que nous ajoutons de nous-mêmes aux rapports des sens, croyant avoir vu ce que les organes ne nous ont pas montré : en effet, rien de plus rare que de dégager les rapports évidents des sens des conjectures incertaines que l'âme leur associe de son propre mouvement. » C'est cet attachement de l'âme à la tradition qui lui fait dire encore : « L'esprit humain est avide de fable ».

Les théories modernes ne sont pas une image réelle de la vérité, cela va sans dire, mais c'est une approximation dont l'avenir montrera le bien-fondé. Il nous est impossible à l'heure qu'il est de dégager une clarté suffisante.

Les principes de la conservation de l'énergie et de la matière ont été longtemps en germe dans la science avant de revêtir la forme sous laquelle nous les connaissons et comprenons parfaitement; ils ont paru aux générations passées aussi peu clairs et aussi peu satisfaisants que nous semblent les théories modernes, et leur généralisation ne date que de ces dernières années. L'esprit humain se plie mal à dégager la vérité, il est trop porté vers la tradition et il craint la nouveauté. Cela ne veut pas dire qu'il soit nécessaire de tirer d'un fait plus qu'il n'est possible et de dire comme M. Gustave Le Bon, dans son très intéressant ouvrage *L'Évolution de la Matière,* que dans la nature rien ne se crée et que tout se perd; ne sommes-nous pas un peu, vis-à-vis de la nature, comme un opérateur qui, faisant une distillation sans le savoir, serait en droit de dire, suivant qu'il ne verrait que l'alambic ou le serpentin, que tout se perd dans la nature ou que tout se crée?

Il y a bien une évaporation lente et invisible par laquelle la matière se répand dans l'infini; et j'admire encore ici le pressentiment génial de Lucrèce, qui lui a permis d'en parler il y a plus de dix-neuf cents ans.

Je n'ai pas eu ici d'autre prétention que de vulgariser quelques notions qui aideront à jalonner la route de l'avenir.

FABRICATION

DES

ALLIAGES FERRO-MÉTALLIQUES

AU

FOUR ÉLECTRIQUE

PAR

M. P. GIROD

De profondes transformations se sont effectuées dans la métallurgie de l'acier depuis quelques années. Le développement constant de l'industrie mécanique, tout particulièrement de l'industrie automobile, les recherches faites par tous les États dans l'art d'attaquer et dans celui de se protéger, ont amené des métallurgistes à livrer des aciers de plus en plus résistants. Il serait trop long de faire ici l'étude complète de cette transformation métallurgique; aussi, nous nous bornerons à faire ressortir le rôle qu'ont joué les alliages ferro-métalliques dans le développement de la fabrication des aciers spéciaux.

L'industrie métallurgique a, dans sa brillante campagne pour l'amélioration des matériaux de construction, d'attaque et de défense, comme collaborateurs modestes mais indispensables, les électro-métallurgistes qui fournissent à la grande industrie la plupart des produits qui ont permis l'évolution constatée.

Les travaux scientifiques de M. Moissan, de M. Clerc et d'autres savants avaient attiré l'attention du monde des chercheurs sur le four électrique et celui-ci, de petit instrument de laboratoire, n'a pas tardé à devenir un outil industriel d'une grande importance.

La fabrication de l'aluminium, puis plus tard, celle du carbure de calcium, ont donné naissance au four électrique de grosse production et nécessité la création d'usines hydro-électriques destinées à fournir, sous forme de courant de grande intensité, les calories voulues pour fondre et faire dans ces nouveaux appareils des produits que jusqu'alors on n'avait pu obtenir

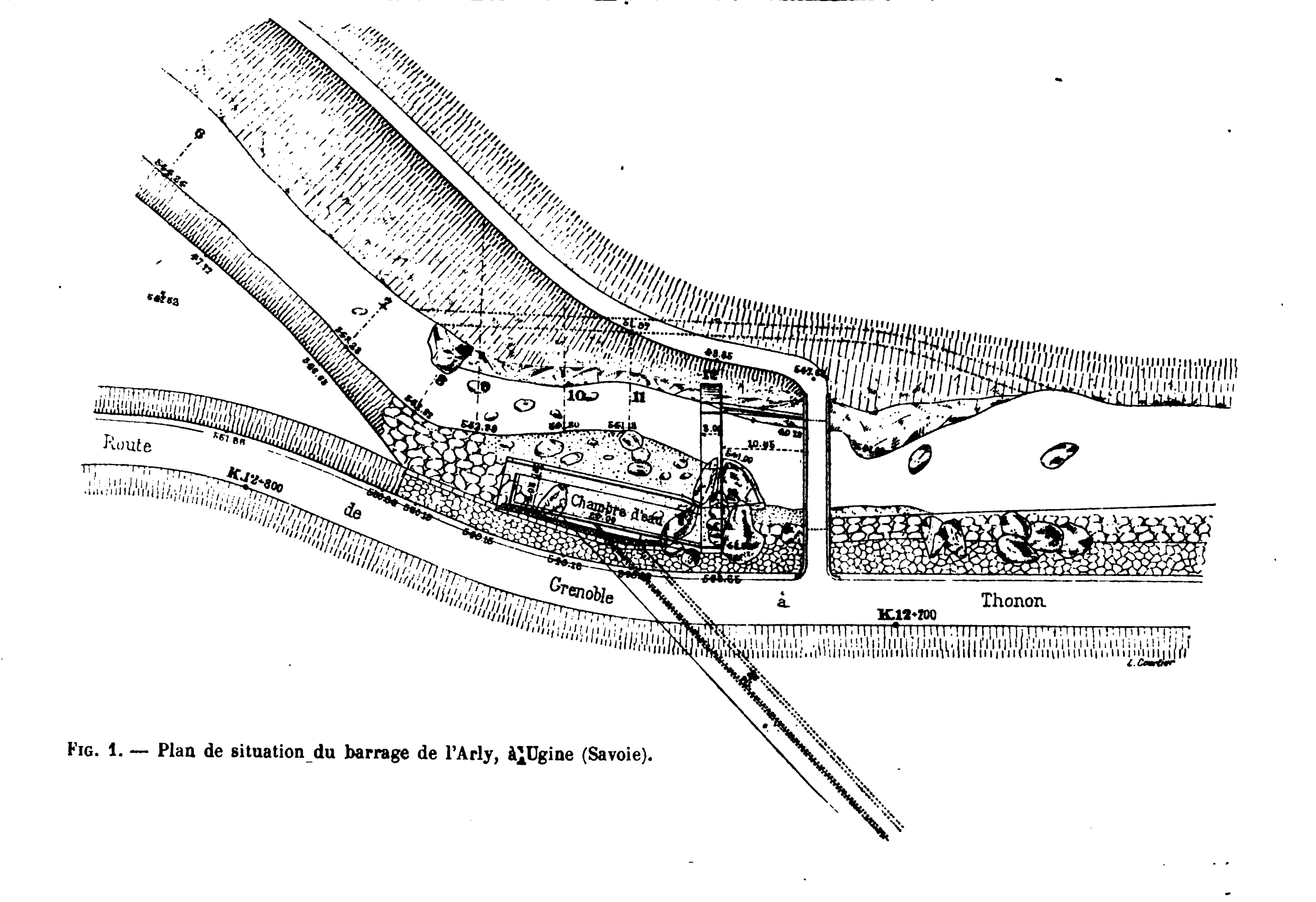


Fig. 1. — Plan de situation du barrage de l'Arly, à Ugine (Savoie).

industriellement faute de température suffisante. Peu après les débuts de l'industrie du carbure, naissaient les usines fabriquant des alliages.

Disons, en passant, en quoi consiste une telle usine, qui réalise un bel exemple de transformation de force. La force à bon marché étant une des nécessités absolues de cette industrie, on la trouve installée dans des régions qui naguère n'étaient connues que des touristes *(fig. 1)*.

Au moyen de barrages *(fig. 2)* placés sur des rivières appropriées, l'eau nécessaire à l'alimentation des turbines est dérivée soit directement, soit par des tunnels traversant des parties de mon-

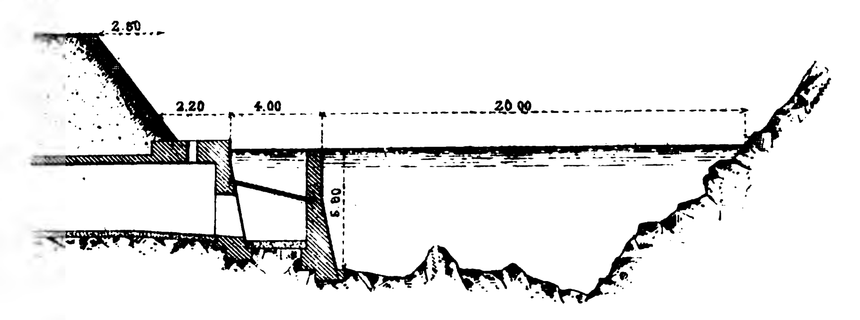


Fig. 1. — Section du barrage de l'Arly, à Ugine (Savoie).

tagne jusqu'à une chambre de mise en charge d'où partent alors dans ce cas les tuyaux. La force vive de l'eau sous pression est transformée en mouvement rotatif (travail mécanique) qui lui-même est transformé en électricité, qui enfin se transforme en chaleur ou encore dans bien des cas en chaleur et en pouvoir électro-chimique.

Le four électrique proprement dit se rattache à deux types: le four à sole conductrice ayant une ou plusieurs électrodes couplées en parallèle; ou bien la sole n'est pas du tout utilisée pour la conduite du courant et celui-ci est amené par deux électrodes ou par plusieurs paires d'électrodes de polarités différentes. Le premier genre de four est adopté presque généralement dans tous les cas où l'on peut adopter comme sole du graphite aggloméré; le deuxième, dans presque tous les cas où il s'agit, dans le but d'éviter la présence du carbone dans le produit à obtenir, de constituer une sole neutre ou même une sole affinante. Le four Girod à acier fait exception. L'électrode supérieure est constituée par un bloc très allongé de graphite de cornues à gaz ou cornues à pétrole, quelquefois même d'an-

thracite qui a été, au préalable, aggloméré avec du goudron et du brai amené à la consistance et à la cohésion voulues par une compression très forte, puis chauffé à une haute température pour éliminer ou transformer en carbone l'agglomérant qui a été employé.

Ayant rapidement étudié l'outil de fabrication, nous arrivons aux produits obtenus. Les principaux alliages fabriqués au four électrique et adoptés par la grande métallurgie sont, dans l'ordre d'importance de leur consommation, les :

Ferro-siliciums à haute teneur;

Ferro-chrômes; silico-manganèses;

Ferro-tungstène; ferro-molybdènes;

Ferro-vanadiums, tandis qu'une série d'autres alliages, tels que les ferro-titanes, ferro-uraniums, ferro-tantales, ne sont employés pour le moment qu'à titre d'essai.

Étudions maintenant séparément la fabrication et les emplois de chaque alliage.

Ferro-silicium.

Le ferro-silicium de tout temps a été nécessaire à la fabrication de l'acier et était employé principalement sous forme de fonte très siliciée, titrant 10 à 12 0/0 de silicium, très rarement 15 0/0. Ce produit est obtenu au haut fourneau, par le traitement de minerais fortement striés au moyen d'un vent très violent, et par des additions de carbone beaucoup plus importantes que pour la fonte ordinaire; du fait même de la grosse proportion de charbon employé à sa fabrication, il est généralement très sulfureux et très phosphoreux. D'autre part, sa faible teneur en silicium en fait un réactif mou.

On produit maintenant au four électrique des ferro-siliciums dont les teneurs varient de 25 à 30, 48 à 50, et montent jusqu'à 75 et même 90 0/0. Ces ferro-siliciums sont obtenus par le traitement de quartz ou sable siliceux en présence de tournures de fer et d'acier et juste la quantité de carbone nécessaire pour réduire l'acide silicique (SiO_2) et former du silicium qui est absorbé par le fer fondu au fur et à mesure de sa production. La chaleur nécessaire à la fusion des matières très réfractaires étant fournie par le courant électrique, la quantité de charbon est donc réduite à la quantité nécessaire pour la réduction : on peut choisir une houille pure ou même employer des charbons

à haute teneur en cendres pourvu que ces cendres ne soient pas pyriteuses ou phosphoreuses.

L'unité de silicium dans le ferro-silicium à haute teneur est meilleur marché que dans le ferro-silicium à 12 0/0, c'est pourquoi le ferro-silicium à haute teneur est maintenant généralement employé dans la métallurgie et remplacera graduellement, complètement le ferro-silicium à basse teneur. Dans les fonderies de fonte, le ferro-silicium 50 0/0 ajouté dans la poche, régénère n'importe quelle fonte même refondue plusieurs fois et permet de régler la qualité de la fonte au moment même de la coulée suivant les usages auxquels elle est destinée. En outre, l'addition de ferro-silicium peut augmenter la résistance de 20 à 26 0/0 et la flexion jusqu'à 31 0/0.

Dans l'aciérie, le ferro-silicium est ajouté comme désoxydant; il agit d'autant plus énergiquement qu'il est riche en silicium, parce que, du fait de concentration du silicium, celui-ci agit plus vigoureusement sur l'acier oxydé, cela avec dégagement de chaleur : tandis que l'introduction, dans l'acier, de ferro-silicium à 12 à 15 0/0 à l'état froid avait au contraire pour effet un refroidissement momentané.

Non-seulement les ferro-siliciums riches servent à l'affinage du métal, mais encore ils sont introduits dans l'acier sous forme d'addition fixe soit pour la fabrication de ressorts, soit pour celles de tôles douces, certaines de ces tôles contenant jusqu'à 6 0/0 de silicium. Enfin le ferro-silicium ajouté dans des aciers à teneur en carbone moyenne a pour effet une augmentation sensible de la qualité de l'acier et cela avec une dépense très modérée.

Il faut signaler tout particulièrement l'emploi des aciers au silicium dans la fabrication des engrenages d'automobiles, cet acier prenant très bien la cémentation et la trempe. Il est encore dénommé acier mangano-silicium quoique la plupart du temps il ne contienne que du silicium.

La fabrication du ferro-silicium est aujourd'hui une des plus importantes fabrications électro-métallurgiques. La consommation annuelle des ferro-siliciums à haute teneur calculée sur la base de 50 0/0 de silicium peut être évaluée à 25 000 t et augmente encore constamment, quoique pas aussi vite que les moyens de production.

Ferro-chromes.

C'est à un métallurgiste français, M. Brustlein, Directeur des Aciéries Jacob Holtzer et Cie, à Unieux, que revient, croyons-nous, l'honneur d'avoir le premier, il y a quelque vingt ans, industriellement reconnu l'utilité de l'addition du chrome dans l'acier. A cette époque, les procédés de fabrication employés étaient très rudimentaires et ne permettaient pas la production d'alliages purs à des prix facilitant la généralisation de l'emploi du chrome. Quelques importantes usines, parmi lesquelles les Aciéries de la Marine au Boucau, celles de Châtillon, Commentry et Neuves-Maisons à Montluçon, Krupp à Essen, Witkowitz à Ostrowitz, se mirent à fabriquer soit au haut fourneau soit au cubilot des ferro-chromes riches en carbone qui, alors, se sont vendus à des prix variant entre 2000 et 3000 f la tonne. Ces ferro-chromes, très riches en carbone et en silicium, ont été aussi remplacés depuis par les ferro-chromes fabriqués au four électrique, les mêmes qualités étant vendues quatre ou cinq fois meilleur marché. Une seule usine, aujourd'hui, persiste encore, pour ses propres besoins, à fabriquer au haut fourneau du ferro-chrome : c'est la maison Krupp, qui a des raisons toutes spéciales pour cela.

Le four électrique permet d'obtenir des ferro-chromes avec des teneurs en carbone variant de 10 0/0 à moins de 1 0/0, la teneur en chrome étant en moyenne de 65 0/0. Ces ferro-chromes sont produits par la fusion directe de minerais de chrome provenant de Turquie d'Europe et d'Asie, Calédonie, Canada, et des Indes.

Le chrome rentre dans la composition de la plupart des aciers à blindages et à projectiles ; il est, dans ce cas, généralement accompagné de nickel. Pour cet usage, on emploie de préférence les chromes à haute teneur de carbone qui ont l'avantage de se dissoudre très facilement. Le carbone forme en outre un protecteur contre l'oxydation du chrome. Dans la fabrication des aciers au creuset on préfère généralement employer des ferro-chromes avec des teneurs en carbone inférieures ; c'est le cas tout spécialement dans la fabrication des aciers rapides, qui contiennent jusqu'à 20 0/0 et 25 0/0 de tungstène et 6 à 7 0/0 de chrome. On obtient l'abaissement de la teneur en carbone du ferro-chrome soit par l'affinage direct lors de la fabrication, soit

par l'affinage direct lors de la fabrication, soit par la nouvelle fusion du ferro-chrome riche en carbone en présence de minerais oxydants.

La fabrication des produits pauvres en carbone est extrêmement difficile parce que, d'une part, le carbone a pour le chrome une affinité très grande, et que, d'autre part, en oxydant le carbone, on oxyde une quantité considérable de chrome. Les difficultés ont été surmontées techniquement, mais il n'en est pas moins vrai que le ferro-chrome décarburé à moins de 1 0/0 de carbone coûte six à sept fois plus cher à fabriquer que les ferro-chromes ordinaires.

Le ferro-chrome est l'alliage à peu près le plus employé comme addition fixe dans la fabrication des aciers spéciaux ; on s'en sert, comme nous l'avons dit plus haut, pour les blindages, les projectiles, les engrenages, les aciers à outils, certains aciers moulés.

Le ferro-chrome est produit en France régulièrement par trois ou quatre usines et, en Allemagne, par une usine qui exploite mes procédés. L'Amérique du Nord produit une partie du chrome dont elle a besoin. On peut estimer la production annuelle à environ 5 000 à 6 000 t.

Silico-manganèse.

Ce produit est obtenu au four électrique en traitant directement soit du minerai de manganèse mélangé à de la silice, soit des silicates de manganèse naturels (des Pyrénées).

Il existe deux types courants de silico-manganèse, l'un avec 60 à 70 0/0 de manganèse et 20 à 25 0/0 de silicium, l'autre titrant 45 0/0 de manganèse et 22 à 25 0/0 de silicium. L'un et l'autre seront tôt ou tard appelés à remplacer dans beaucoup de cas le ferro-manganèse produit au haut fourneau qui contient beaucoup de carbone et a quelqnefois une teneur importante en phosphore ; comme le ferro-manganèse est généralement ajouté dans l'acier pour le désoxyder au moment de la coulée. donc introduit dans un métal fini, il ajoute de nouvelles impuretés et, dans le cas de fabrication d'acier doux, une teneur très importante de carbone.

Au contraire, les silico-manganèses produits au four électrique sont d'une pureté remarquable en ce qui concerne le phosphore et le soufre qui, rarement, dépassent la limite de un ou deux

centièmes pour cent, la teneur en carbone étant inférieure à 0,15 0/0.

Le silico-manganèse réagit très fortement sur l'acier oxydé, son action peut être rendue plus énergique encore par l'addition d'aluminium. On a alors un silico-mangano-aluminium avec des teneurs en aluminium montant jusqu'à 10 à 12 0/0; l'aluminium étant obtenu par simple réduction de la bauxite. Le silico-mangano-aluminium a également été fabriqué isolément.

Ces produits tertiaires ou quaternaires de silicium, manganèse, aluminium et fer ne sont pas encore d'un emploi courant dans les aciéries, mais il n'y a pas de doute qu'en présence des avantages incontestables qu'ils présentent ils ne tarderont pas à déplacer, dans beaucoup de cas, les ferro-manganèse et silico-spiégel produits au haut fourneau.

Enfin, le silico-manganèse combiné à l'emploi du silicium comme addition fixe sert à la fabrication d'aciers à ressort et de pièces mécaniques. Ces aciers sont très tenaces tout en ayant une résistance considérable.

Ferro-tungstènes.

Nous avons vu plus haut que la plupart des alliages fabriqués au four électrique additionnés à l'acier avaient pour effet une augmentation de la résistance de l'acier, par conséquent de sa dureté, d'où découle la nécessité d'avoir pour travailler ces métaux des aciers encore plus durs. Les aciers au tungstène sont venus à point pour solutionner le problème ; ils sont plus connus sous le nom d'aciers rapides ou d'aciers trempant à l'air et contiennent jusqu'à 20 à 25 0/0 de tungstène et 6 à 7 0/0 de chrome.

Le ferro-tungstène est obtenu par le traitement électrique de la wolframite (wolframate double de fer et de manganèse plus ou moins pur) titrant à l'état marchand environ 70 0/0 d'acide tungstique. On emploie également, mais moins fréquemment à cause de sa plus grande rareté, la scheelite qui est un tungstate de chaux dont la teneur en acide tungstique monte jusqu'à 75 à 78 0/0.

Les pays producteurs de minerais sont, par rang d'importance, l'Australie, Espagne-Portugal, Bolivie, les Indes, le Brésil, enfin la France dans une proportion très minime. Les États-Unis de l'Amérique du Nord possèdent également d'importants gisements

de minerai de wolfram, mais la production de ceux-ci est pour ainsi dire entièrement absorbée par les quelques usines indigènes qui fabriquent chimiquement la poudre de tungstène.

Par suite de sa très grande réfractibilité le ferro-tungstène est un produit très difficile à obtenir et surtout très difficile à obtenir régulièrement. Il a aujourd'hui remplacé, dans la plupart des usines, la poudre de tungstène fabriquée par voie chimique et remplacera, dans un très bref délai, complètement ce produit. La consommation du ferro-tungstène tend de plus en plus à augmenter et atteint aujourd'hui des proportions considérables; elle augmentera encore par la découverte de nouveaux gisements de minerai car jusqu'à maintenant le manque relatif de minerai et l'instabilité des prix ont été un gros écueil.

D'autre part, les aciers rapides susceptibles de travailler avec de grandes profondeurs de coupe et avec de très grandes vitesses ne sont pas encore d'un emploi général dans l'industrie mécanique parce que, dans beaucoup de cas, on n'a pas pu s'en servir utilement faute de machines-outils appropriées.

Ferro-molybdène.

Alliage dont l'action sur l'acier est plus marquée encore que celle du ferro-tungstène et surtout plus étendue. Une faible addition de molybdène augmente considérablement la résistance à la rupture et l'allongement, surtout en présence de nickel. Le ferro-molybdène est obtenu par le traitement direct du sulfure de molybdène appelé molybdénite. Ce minerai se présente sous forme de morceaux lamelleux ressemblant absolument à du papier d'étain mais avec des reflets mauves très prononcés.

Le seul pays de production importante est l'Australie, bien qu'on ait découvert ces dernières années quelques gisements dans les pays scandinaves et même en France, gisements dans lesquels on ne trouve le minerai qu'à l'état impur et difficile à enrichir du fait même de sa structure et de son poids spécifique différant peu de celui de la gangue.

Le ferro-molybdène est vendu sous forme d'alliage à 80 0/0 de molybdène environ. Ajouté à l'acier dans des proportions de 10 à 12 0/0, accompagné de 6 à 7 0/0 de chrome, il produit également un acier rapide de très bonne qualité. Pour aciers rapides, le ferro-tungstène s'emploie de plus en plus de préférence au ferro-molybdène, parce que les aciers produits avec

ce premier alliage se travaillent plus facilement, ne tapant pas à la forge comme ceux au molybdène. Par contre, étant données les qualités des aciers nickel-molybdène et nickel-chrome-molybdène à basse teneur en molybdène, on peut s'étonner que le molybdène ne soit pas encore plus employé pour les aciers de construction et de matériel de guerre.

Ferro-vanadium.

Le vanadium est employé sous forme d'un alliage à 50 0/0 de vanadium environ qui est produit par traitement non plus du minerai, ceux de vanadium étant par trop pauvres pour être traités au four électrique directement, mais d'acide vanadique pur mélangé à du fer dans la proportion voulue.

Le vanadium, malgré son prix élevé, prend petit à petit sa place dans la métallurgie parce que son addition à l'acier a pour effet une augmentation de résistance et en général une amélioration notable à tous les points de vue de la qualité du métal; cela même à de très faibles pourcentages de vanadium. Les aciers au vanadium font de remarquables aciers à outils et de non moins remarquables aciers pour constructions mécaniques.

Ferro-tantale.

Il est obtenu par le traitement de la tantalite, fait son entrée dans le monde métallurgique en ce moment, et pourrait bien se faire une grande place si l'on trouve du minerai en quantité suffisante à des prix assez bas pour pouvoir alimenter la fabrication.

Il en est de même du ferro-uranium; ces deux métaux, dont le poids spécifique est encore plus élevé que celui du tungstène, ont des effets semblables sur l'acier, du moins en ce qui concerne le tantale. En ce qui concerne l'uranium, son assimilation à l'acier est si difficile que de rares et d'incomplets essais n'ont pu que faire constater les bons effets de son addition sans qu'on ait pu pratiquement en tirer profit jusqu'à maintenant. Le prix de l'uranium, par suite du prix élevé de la matière première, est du reste en dehors de toutes les proportions pour des emplois industriels.

En résumé, la fabrication des alliages au four électrique a pris depuis quelques années une importance considérable et c'est peut-être par 50 000 ch qu'il faudrait chiffrer la force employée rien qu'en France pour leur production et par 25 à 30 millions de francs la valeur de cette production annuelle, valeur dont la plus grande partie peut figurer au bilan de l'exportation française. Cette industrie est appelée à un très grand développement et, nous l'espérons, à la prospérité financière qui lui a manqué jusqu'ici par suite des illusions que se sont faites bien des techniciens, illusions qui se sont traduites par des surproductions et des opérations commerciales plus ou moins heureuses.

Nous arrêterons ici ce court exposé, car un tel sujet est difficile à résumer et, d'autre part, exigerait pour être [approfondi une étude complète qu'il est impossible de faire tenir dans une simple communication.

ANALYSES DES ALLIAGES PRODUITS AU FOUR ÉLECTRIQUE

ET RÉGULIÈREMENT FABRIQUÉS PAR LA

SOCIÉTÉ ANONYME ÉLECTROMÉTALLURGIQUE

Procédés P. Girod.

Ferro-chromes :

	A moins de 1 0/0 de C.	à 2 à 3 0/0	à 3 à 4 0/0	à 4 à 5 0/0
Chrome . . .	67,20	64,17	67,58	67,05
Fer	31,35	32,47	27,21	27,05
Carbone . . .	0,90	2,34	3,66	4,25
Silicium . . .	0,19	0,38	0,64	0,60
Manganèse . .	0,12	0,21	0,35	0,46
Aluminium. .	»	0,13	0,23	0,22
Cuivre	»	»	»	»
Magnésium. .	0,19	0,23	0,27	0,31
Soufre. . . .	0,006	0,023	0,024	0,02
Phosphore . .	0,021	0,02	0,02	0 02

Ferro-chromes (suite) :

	à 5 à 6 0/0	à 6 à 7 0/0	à 7 à 8 0/0	à 8 à 9 0/0
	—	—	—	—
Chrome . . .	66,87	66,15	66,70	65,90
Fer	26,438	26,30	23,65	23,44
Carbone . . .	5,30	6,20	7,65	8,58
Silicium . . .	0,44	0,42	1,20	1,26
Manganèse . .	0,33	0,32	0,39	0,44
Aluminium. .	0,21	0,18	0,17	0,18
Cuivre. . . .	»	traces	traces	traces
Magnésium. .	0,35	0,36	0,29	0,14
Soufre	0,03	0,03	0,02	0,02
Phosphore . .	0,02	0,02	0,02	0,02

Cupro-vanadium :

A 2,50 0/0 de vanadium.

Cupro-silicium :

Silicium. .	46,13	0/0
Fer	3,39	—
Cuivre. . .	50,32	—
Carbone. .	0,09	—

Ferro-siliciums .

	30 0/0	50 0/0	75 0/0
	—	—	—
Silicium . .	32,50	49,80	78,13
Fer.	66,26	49,39	21,51
Manganèse .	0,28	0,11	0,06
Aluminium .	0,51	0,40	0,17
Calcium . .	0,12	0,085	traces
Carbone . .	0,26	0,13	0,09
Soufre . . .	0,02	0,04	0,001
Phosphore .	0,028	0,024	0,007

Silico-manganèse :

	0/0
	—
Silicium . .	22,47
Fer.	19,07
Manganèse .	57,63
Aluminium .	0,43
Calcium . .	»
Carbone . .	0,09
Soufre . . .	0,02
Phosphore .	0,035
Magnésium .	0,23
Cuivre . . .	traces

Ferro-tungstènes :

Tungstène .	85,15	79,48	71,80
Fer.	14,12	18,60	24,35
Carbone . .	0,45	1,49	2,58
Silicium . .	0,13	0,16	0,36
Manganèse .	0,085	0,21	0,78
Aluminium .	»	0,001	0,07
Cuivre . . .	»	»	0,008
Arsenic. . .	»	»	»
Phosphore .	0,018	0,017	0,008
Soufre . . .	0,021	0,016	0,02

Ferro-manganèse :

Manganèse .	82,10
Fer.	8,10
Carbone . .	4,73
Silicium . .	3,17
Aluminium	0,37
Magnésium .	1,33
Cuivre . . .	0,07
Soufre . . .	0,06
Phosphore .	0,047

Ferro-vanadiums :

Vanadium	52,80	34,10
Fer	45,84	64,22
Carbone	1,04	1,42
Silicium.	0,09	0,12
Aluminium . . .	»	»
Manganèse. . . .	»	»
Magnésium. . . .	0,075	traces
Cuivre	0,09	0,09
Soufre	0,025	0,03
Phosphore. . . .	0,02	0,009

Ferro-molybdène :

Molybdène .	79,15
Fer	17,15*
Carbone . .	3,24
Silicium . .	»
Aluminium .	»
Manganèse .	»
Magnésium .	»
Cuivre . . .	»
Soufre . . .	0,021
Phosphore .	0,008

Silico-chrome :

Silicium. . . .	17,06
Chrome. . . .	46,28
Carbone. . . .	3,20

Ferro-titane :

Titane.	51,30
Fer.	44,18
Carbone. . . .	2,82
Silicium. . . .	1,12
Aluminium . .	0,41
Manganèse. . .	0,08
Soufre	0,047
Phosphore. . .	0,021

(*) Ou moins sur demande.

Description du four à acier.

Le four à acier est caractérisé par le fait que, quelle que soit la puissance utilisée, il n'y a pas d'électrodes de différentes polarités. Ceci est obtenu en noyant dans la sole, suivant dessin ci-joint, dès la construction, des pièces d'acier refroidies à leur

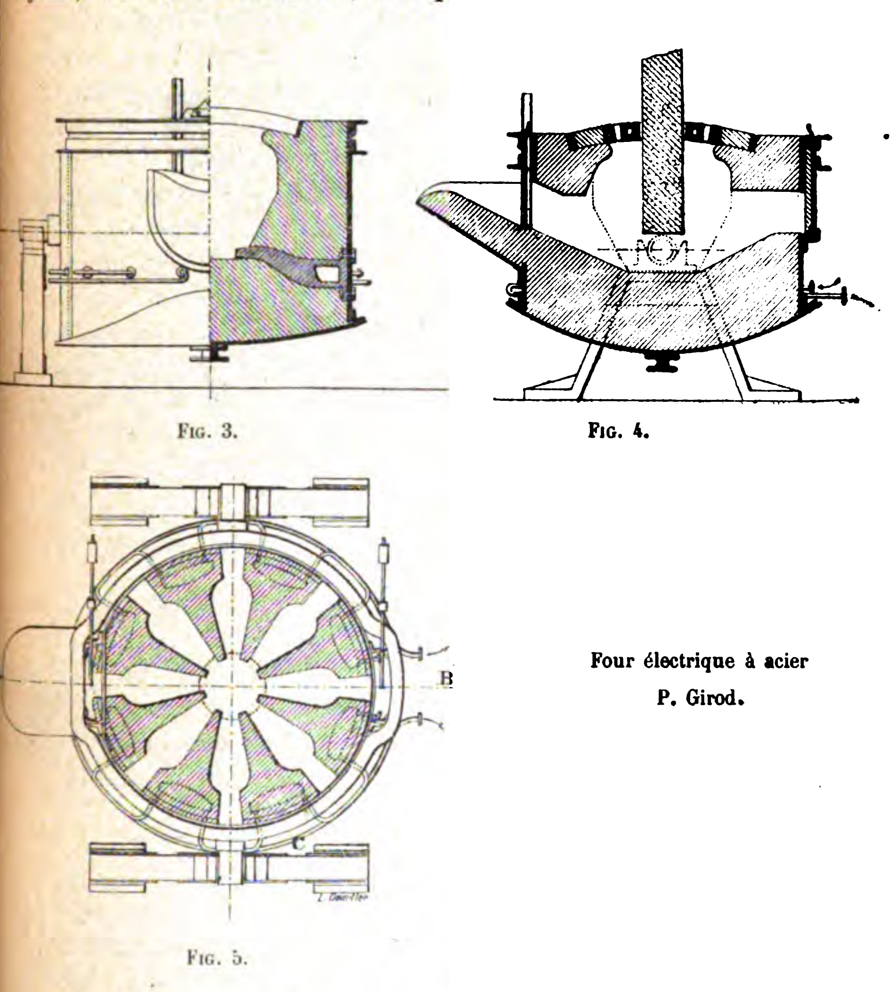


Fig. 3.

Fig. 4.

Fig. 5.

Four électrique à acier
P. Girod.

base. Lors de la mise en marche d'un nouveau four, les pièces d'acier qui, à ce moment-là, émergent des parois du four, conduisent le courant à la charge de ferraille ou de fonte, l'électrode est abaissée et le circuit établi. Le métal fond dans le creuset, les pièces en acier, d'autre part, fondent également même

jusqu'à une dizaine de centimètres dans l'intérieur de la maçonnerie où la fusion s'arrête du fait de l'éloignement du centre générateur de chaleur, et du fait du refroidissement qui est produit par une circulation d'eau dans la partie de la pièce touchant à la cuve. La circulation d'eau n'est même pas absolument indispensable, elle peut être remplacée par un courant d'air froid ou même être complètement abandonnée, mais elle offre l'avantage de refroidir la maçonnerie à l'endroit où celle-ci souffre le plus du contact du métal et du laitier en fusion. On a ainsi constitué une sole conductrice exempte de carbone, qui est composée de l'acier lui-même, ce qui permet d'avoir un seul pôle à l'électrode. Suivant les puissances mises en jeu et les dimensions des électrodes, on a un nombre plus ou moins grand de celles-ci, mais elles sont toutes branchées en parallèle. Des régulateurs automatiques d'intensité partagent également le courant entre chaque électrode. Les électrodes étant toutes de même polarité, on ne craint aucun court-circuit dans le couvert, si bien que les électrodes sont latéralement ajustées dans celui-ci et que le four fonctionne toujours en pression. Le couvercle est muni de trous pour l'échappement de la surpression; les dimensions de ces trous peuvent se régler à volonté.

Le four est muni de deux portes, celle de devant pour la coulée et l'autre de derrière pour le chargement, prise d'éprouvettes, etc.

Le four tel qu'il est installé à Ugine *(fig. 3, 4 et 5)*, est monté sur tourillons et bascule par engrenages; il pourrait tout aussi bien être placé sur un berceau. On pourrait croire qu'un tel four est difficilement amorçable à nouveau après chaque coulée; c'est absolument le contraire, l'amorçage se fait excessivement régulièrement et le réglage au début, avec la matière froide, est beaucoup plus facile qu'avec les électrodes en série, même s'il y a plusieurs électrodes, le réglage se faisant sur l'ampérage au moyen de régulateurs automatiques. Les variations sont moins sensibles qu'avec un réglage sur le voltage, d'autant plus que dans un four à électrodes en série, il arrive fréquemment que l'une des électrodes a tendance à être en court-circuit et l'autre à absorber tout le voltage. Ceci s'explique suffisamment en comparant les deux croquis ci-joints :

Dans le croquis n° 6, qui représente un four schématique de notre système, on constate que, quelle que soit la marche du four sur le métal fondu ou sur le métal en fusion, la totalité du

courant traverse toute la masse du métal pour aller aux pôles.

Dans le croquis n° 7, qui représente un four à électrodes en série, il est facile de se rendre compte que le courant ne traverse pas toute la masse du métal mais qu'il n'intéresse que la surface du métal, que donc, déjà à chaud, une faible partie du bain métallique fonctionne en résistance sur le courant, mais qu'en chargeant à froid surtout, il y a facilement court-circuit direct entre les deux électrodes par la surface du métal solide. La marche normale du four actuellement installé à Ugine est la suivante : kilowatts effectifs absorbés 240; on charge à froid environ 1 400-1 500 kg de fonte et de riblons de fer, ou uniquement de riblons de fer, suivant le genre de travail que l'on adopte.

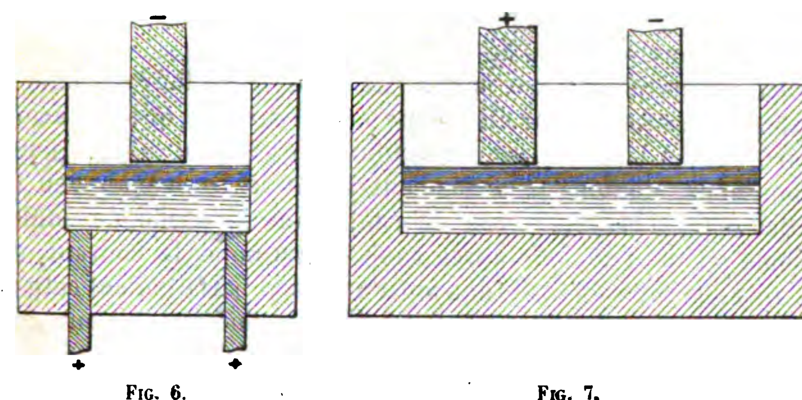


Fig. 6. Fig. 7.

A cette charge est ajoutée successivement, au fur et à mesure des besoins de la castine, du minerai de fer, éventuellement de la silice (le four actuel étant revêtu de magnésie, on évite autant que possible la silice); la charge du métal à fondre ou à traiter se fait en trois fois : un tiers de suite avec une partie de la castine et du minerai de fer s'il y a lieu; un second tiers une heure après, enfin le troisième tiers deux heures après environ la deuxième charge. Au bout de trois heures environ, la charge entière est fondue; on opère l'affinage du métal en décarburant jusqu'à ce qu'on obtienne une éprouvette entièrement pliable. Une fois ce résultat obtenu et le métal suffisamment chaud pour la coulée, on ajoute les additions voulues, soit pour carburer, désoxyder ou éventuellement modifier la qualité de l'acier par des alliages tels que le ferro-tungstène, ferro-molybdène, etc.

Une opération avec affinage, en partant de mauvais riblons et de fonte, dure au total quatre heures et demie à cinq heures. Si, au contraire, on part de riblons suffisamment purs en les mélangeant à l'avance avec la quantité de fonte voulue, et qu'on se contente d'une simple fusion et uniquement de l'élimination du phosphore et du soufre, la coulée peut se faire quatre heures environ après le commencement de l'opération. Le four se prête parfaitement également, vu l'atmosphère absolument neutre qui y règne, à la fusion genre creuset. Dans ce cas on charge, tout comme dans le creuset, les matières exactement dosées, et la coulée de 1 400 kg environ se fait dans la durée de quatre heures. Pour une charge de 1 500 kg de matières premières, riblons, etc., affinée, on coule en moyenne 1 400 kg de métal; lorsqu'il s'agit uniquement de fusion, pour une charge de 1 500 kg on retire environ 1 450 kg.

La caractéristique des aciers faits dans notre four et, nous le supposons, dans le four électrique en général, est que ces aciers perdent tout leur manganèse et tout leur silicium. C'est pourquoi nous ajoutons généralement avant la coulée un peu de silico-manganèse et le cas échéant, dans la poche de coulée même ou dans le four après avoir interrompu le courant, du ferro-silicium à 75 0/0. On a ainsi un métal parfaitement calme; en cours d'opération le laitier est évacué une ou plusieurs fois si nécessaire et remplacé par une nouvelle addition de castine, d'un peu de spath-fluor et de silice le cas échéant.

Le four est muni d'une construction excessivement simple, l'usure de l'électrode est réduite au minimum, elle ne dépasse guère 2,50 f par tonne d'acier produit, la dépense pour réparations, entretien du four, est à peu près de la même importance. On peut donc dire que ce four exige une dépense de 5 f par tonne d'acier produit pour électrodes et entretien. Le rendement moyen d'acier par kilowatt-heure est de 1,250 kg, ce qui revient à dire que pour produire une tonne d'acier il faut 800 kilowatts-heure. Ce rendement très favorable est dû tout particulièrement à la fermeture hermétique du four qui est réalisée très simplement et très sûrement. Il est certain qu'avec un four de plus grande puissance le rendement serait encore supérieur.

NOTICE NÉCROLOGIQUE

SUR

Gabriel CHALIGNY

PAR

M. A. MALLET

Nous nous proposons de retracer ici, brièvement, la carrière d'un de nos collègues disparu tout récemment et qui s'était acquis une réputation méritée dans l'industrie de la construction des machines : nous voulons parler de Chaligny, décédé le 11 août dernier.

Gabriel Chaligny, né en 1835 à Fontainebleau, avait fait ses études à Sainte-Barbe, il était entré ensuite à l'École Centrale d'où il sortit en 1858 avec le numéro trois dans la spécialité des chimistes. Ce fait, que nous mentionnons ici intentionnellement, est loin de constituer un exemple unique d'un ingénieur ayant fait une belle carrière dans une spécialité très différente de celle qu'il avait suivie à l'école. Nous devons reconnaître qu'il y a là un argument très sérieux en faveur de l'organisation fondamentale de l'enseignement à l'École Centrale, basée sur la communauté des cours pour toutes les spécialités, communauté qui a été très attaquée depuis quelques années.

Chaligny entra en février 1859 au chemin de fer, alors en construction, du Nord de l'Espagne, et fut attaché d'abord aux travaux très difficiles nécessités pour l'établissement de la station d'Ormaisteguy, et passa bientôt chef de section à la résidence de Pancorbo, chargé de la surveillance de l'exécution de tunnels et travaux d'art importants. Il quitta la Compagnie en 1861 pour entrer au réseau central du chemin de fer d'Orléans ; il y fut attaché d'abord aux études de la ligne de Montluçon à Limoges, puis à la surveillance des travaux du tunnel de Laurières et ensuite, comme chef de section de seconde classe, à l'exécution de la ligne de Commentry à Gannat. Il quitta la Compagnie d'Orléans, en 1867, pour rentrer à Paris où il espérait trouver une meilleure occasion d'utiliser ses moyens. L'industrie l'attirait et

il réussit à y entrer dans les meilleures conditions en prenant, en janvier 1868, avec notre collègue M. Guyot-Sionnest, la suite des affaires de Calla, sous la raison sociale de Chaligny et Guyot-Sionnest, qui devint en 1887, par suite de la retraite d'un des associés, Chaligny et Cie et, en 1900, Chaligny seul.

On sait que ces ateliers, qui s'étaient acquis une légitime réputation, avaient été fondés, sous une forme très modeste, dès 1788, par Étienne Calla, élève de Vaucanson, auquel avait succédé, en 1825, son fils François Calla, qui fut membre de notre Société dès sa fondation et que plusieurs de nos collègues ont encore pu voir assister à nos séances, car il n'est mort qu'en 1884. Ces ateliers étaient situés rue du Faubourg-Poissonnière à la hauteur du siège actuel de la Compagnie Parisienne du Gaz; ils furent transférés, en 1849, à la Chapelle, à leur emplacement actuel.

Etienne Calla y construisait des scieries, machines pour l'industrie textile, moulins, machines-outils, etc.; il y entreprit, vers 1825 la construction des machines à vapeur, notamment de celles du système Taylor et Martineau, caractérisées par la position horizontale du cylindre et l'emploi comme distributeurs, de tiroirs à piston placé sous les cylindres. Calla avait aussi une fonderie importante dans laquelle il exécutait des fontes d'art, fontaines monumentales, statues, etc.; nous citerons entre autres, les fontaines de la place Louvois et des Champs-Élysées, les portes de Saint-Vincent-de-Paul, etc.

François Calla avait entrepris en 1852 la construction des locomobiles et cette fabrication s'était développée à tel point qu'en 1867 il en avait déjà construit 1 200. Une autre de ses spécialités, et non la moins importante, était la construction des grosses machines-outils, entre autres les tours à roues, les machines à raboter et les machines à percer radiales dont il fournissait de beaux spécimens aux chemins de fer et aux arsenaux.

Les successeurs de Calla, Chaligny et Guyot-Sionnest, suivirent la voie tracée par lui en introduisant de nombreux perfectionnements aux modèles de la maison. Ainsi, pour les locomobiles, tout en respectant les formes générales, ils en poussèrent la puissance à un taux inconnu précédemment. On se rappelle les machines de 30 et 40 ch, avec deux cylindres, présentées aux Expositions et Concours agricoles cette puissance est portée aujourd'hui à 150 et 200 chx. Plus tard, ils introduisirent la double expansion dans les locomobiles et machines demi-fixes.

Cette innovation apparut à l'Exposition de 1878 sous la forme d'une locomobile compound-tandem de 12 ch étudiée avec notre collaboration. Une autre amélioration importante a été l'emploi de la condensation et celui de réfrigérants, pour permettre d'employer toujours la même eau, dispositions dont la combinaison constitue le condenseur à eau régénérée. Des machines fixes et demi-fixes, munies de ces perfectionnements et de cylindres à enveloppes, donnèrent des résultats économiques extrêmement remarquables. Avec l'emploi de réfrigérants d'eau, on pouvait faire fonctionner à condensation un moteur avec une quantité d'eau même inférieure à celle dépensée par une machine sans condensation et avec une dépense de combustible naturellement plus faible.

La maison continua la fabrication des machines-outils et entreprit la construction de quantités d'appareils, pétrins mécaniques, élévations d'eau pour les gares de chemins de fer, etc.; nous nous souvenons d'y avoir vu des machines fort curieuses pour la fabrication des allumettes.

Chaligny avait ajouté à ses travaux, dans ses dernières années, une spécialité fort intéressante, celle des canots à vapeur, dont il construisit un assez grand nombre, tant pour la marine française que pour les marines étrangères. L'excellente qualité des produits de ses ateliers et le soin avec lequel ils étaient étudiés leur avait valu une très bonne réputation, sanctionnée par les nombreuses récompenses obtenues aux diverses Expositions.

Nous devons rappeler ici que, pendant le siège de Paris, les ateliers Chaligny et Guyot-Sionnest avaient été en partie transformés en minoteries pour la mise en farine des approvisionnements de blé de la capitale ; dans la partie non occupée par les moulins, on fabriquait du matériel de guerre. Chaligny avait, de plus, payé de sa personne en qualité de capitaine d'une compagnie de canonniers volontaires, composée en grande partie de ses ouvriers et qui fut chargée de la défense du bastion 38 de l'enceinte de Paris.

La notoriété que notre collègue s'était acquise dans le quartier de La Chapelle et la considération dont il y jouissait lui firent conférer, en 1871, les fonctions municipales comme maire du dix-huitième arrondissement, poste qu'il occupa avec distinction et dévouement jusqu'en 1879. Il avait été nommé chevalier de la Légion d'honneur en 1878.

Chaligny était entré à la Société des Ingénieurs Civils en 1868,

dès son retour à Paris. Il avait eu pour parrain Love, alors Président, Calla et M. de Nordling, son ancien chef au réseau central de la Compagnie d'Orléans.

La santé de notre collègue s'était altérée depuis quelque temps et il aurait dû prendre des précautions peu compatibles, malheureusement, avec son besoin d'activité et surtout du repos; néanmoins, on ne pouvait s'attendre à voir sa carrière se terminer brusquement par une mort subite, survenue pendant un séjour à la campagne chez son gendre, notre collègue M. Godard-Desmarest.

Ses funérailles ont eu lieu à Paris, mais, à cause des vacances, un certain nombre de ses camarades, collègues et amis n'ont pu, à leur grand regrèt, suivre son convoi et lui adresser un dernier adieu. Nous croyons pouvoir être ici leur interprète en donnant un suprême témoignage d'estime et d'affection à Chaligny, qui laissera à tous ceux qui l'ont connu les meilleurs souvenirs comme Ingénieur, industriel et homme privé.

CHRONIQUE

N° 323

SOMMAIRE. — Les chemins de fer aux États-Unis. — Le canal de Teltow. — Le plus grand navire à voiles du monde. — La combustion spontanée du charbon. — Industrie de la carbonisation du bois en vase clos. — Production de l'électricité par la combustion des ordures ménagères.

Les chemins de fer aux États-Unis. — A la fin de l'exercice terminé le 30 juin 1905, la longueur totale des chemins de fer des États-Unis s'élevait à 351 143 km, soit 6 756 km de plus qu'à la fin du précédent exercice. La longueur totale des voies, y compris les voies de garage et les seconde, troisième et quatrième voies, était de 493 943 km, supérieure de 15 654 km à la longueur correspondante de l'année précédente ; sur cet accroissement, 35,5 0/0 représentent l'extension des voies de garage et de stations.

A la même date, il y avait, sur les chemins de fer des États-Unis, 48 357 locomotives, chiffre supérieur de 1 614 à celui de l'année précédente. Les locomotives se divisaient en 11 618 pour trains de voyageurs, 27 869 pour trains de marchandises et 7 923 pour les manœuvres. Le nombre total de véhicules était de 1 842 871, soit 44 310 de plus que l'année précédente. Sur ce total, on comptait 40 713 voitures à voyageurs, 1 731 409 wagons à marchandises et 70 749 wagons de service pour les Compagnies. Le nombre de locomotives correspondait en moyenne à 138 par 1 000 km de ligne, et le nombre des véhicules de toute espèce à 5 270 par 1 000 km. Sur l'ensemble des 1 891 228 locomotives et véhicules, il y en avait 1 641 305 munis de freins continus. On ne trouvait que 1,63 0/0 de voitures à voyageurs sans attelages automatiques. Toutes les locomotives à marchandises portaient des installations de freins continus et des attelages automatiques.

Le nombre total d'employés sur les chemins de fer des États-Unis était, à la date du 30 juin 1905, de 1 382 196, ce qui représente une moyenne de 395 par 1 000 km de ligne. Ce total est supérieur de 86 075 à celui de l'année précédente, ce qui constitue un accroissement de 16 employés par 1 000 km de ligne. Sur ce total, on trouvait 54 817 mécaniciens, 57 892 chauffeurs, 41 061 conducteurs et 111 405 autres employés.

Le nombre total de voyageurs transportés pendant la période dont nous nous occupons a été de 738 834 667, en augmentation de 23 414 985 sur la période précédente. Il a été transporté 1 427 731 905 t de marchandises, soit 117 882 740 de plus que pendant l'exercice précédent. Chaque voyageur a donné une recette moyenne de 6,34 c par km contre 6,48 c pour l'année précédente. La recette moyenne par tonne de marchandise et par km a été de 2,38 c contre 2,42 c. Ces chiffres indiquent une légère augmentation dans les dépenses de traction. Le coefficient

moyen d'exploitation a été de 66,78 0/0, contre 67,79 pour l'exercice précédent.

Les recettes brutes totales des chemins de fer des États-Unis, pour l'année qui s'est terminée au 30 juin 1905, ont été de 10 412 millions de francs, ce qui représente un excédent de 536 millions sur les recettes de l'exercice précédent. La recette brute moyenne se trouve être ainsi de 30 000 f par km en nombre rond. Les dépenses d'exploitation se sont élevées à : entretien et surveillance de la voie, 1 375 millions de francs; entretien du matériel, 1 440 millions ; dépenses de traction, 3 855 millions ; dépenses générales, 275 millions, et divers, 1,83 millions ; soit un total de dépenses de 6 947 millions, laissant un excédent de 3 465 millions, ou très sensiblement 10 000 f par km ; le coefficient d'exploitation ressort ainsi, comme il a été déjà dit, à 67 0/0 en nombre rond. Les dépenses sont de 20 000 f par an et par km de ligne, chiffre qui dépasse de 500 f environ celui de l'année précédente.

Le nombre total d'accidents survenus à des personnes sur les chemins de fer des États-Unis, pendant l'année considérée, s'est élevé à 95 711 ; il y a dans ce nombre 9 703 tués et 86 008 blessés. Les accidents se divisent comme suit entre les divers employés de chemins de fer : personnel des trains, 1 990 tués et 29 853 blessés ; personnel des stations, 136 tués et 883 blessés ; autres services, 1 235 tués et 36 097 blessés. Pour ce qui concerne les accidents survenus en attelant et dételant des véhicules, on trouve 230 tués et 3 543 blessés. Les accidents concernant des employés tombés de machines ou trains en marche doivent 172 tués et 4 537 blessés. Les collisions et déraillements ont amené la mort de 672 employés et ont causé des blessures à 5 523.

Il y a eu dans cette même année 537 voyageurs tués et 10 457 blessés contre 441 tués et 9 111 blessés pour l'exercice précédent. Sur ces chiffres, les collisions et déraillements figurent pour 341 tués et 6 053 blessés. En dehors des employés et des voyageurs, il y a eu 5 805 tués et 8 718 blessés. Dans ces nombres sont comprises les personnes circulant indûment sur les voies, qui figurent pour 4 865 morts et 5 251 blessés.

En 1905, on trouve un voyageur tué pour 1 375 856 et 1 blessé pour 70 655.

En 1904, ces chiffres sont 1 mort pour 1 622 267 et 1 blessé pour 78 523 voyageurs.

Si nous comparons ces chiffres à ceux qu'on relève en Europe, nous trouvons, par exemple pour 1903, la dernière année pour laquelle des statistiques aient paru, que la moyenne sur l'ensemble des grands réseaux français est de 1 tué pour 141 millions de voyageurs transportés et 1 blessé pour 2,5 millions. Mais les chiffres de cette année sont très faibles, car nous trouvons, pour 1902, des nombres plus élevés : 1 tué pour 11,9 millions et 1 blessé pour 961 000 voyageurs transportés.

En Suisse, on trouve pour l'ensemble des chemins de fer, en 1903, 1 tué pour 3,33 millions de voyageurs et 1 blessé pour 540 000, et, en 1904, 1 tué pour 6,66 millions et 1 blessé pour 1,09 million de voyageurs transportés. On voit que ces divers chiffres sont très inférieurs à ceux constatés pour les chemins de fer des Etats-Unis en 1905.

Le canal de Teltow (1). — Dans son intéressante note sur *les Constructions civiles et les industries diverses de Berlin*, insérée au Bulletin d'octobre, notre collègue, M. A. Gouvy a dit quelques mots du canal de Teltow qui vient d'être livré à la circulation.

L'importance de cette voie de communication et les conditions dans lesquelles elle a été créée nous engage à entrer dans des détails un peu circonstanciers sur sa construction et son exploitation.

Le canal de Teltow, dû à l'initiative du district de ce nom et construit à ses frais, a pour objet de relier directement la Sprée au Havel en passant par Teltow, au sud de Berlin, de manière à éviter la traversée de la capitale au trafic de l'Oder à l'Elbe.

Le canal commence à Glienicke, près de Potsdam, sur le Havel, dans la région des lacs qui caractérisent cette partie des environs de Berlin. Il emprunte successivement le lac de Griebnitz et la vallée de la Beke, jusqu'à Machnow, traverse le lac de ce nom, passe par Teltow, Mariendorf, Britz et va rejoindre la Sprée en amont de Copenick.

Sa longueur totale est de 36,9 km. Un embranchement de 3500 m part de Britz et se raccorde à la Sprée, à Kaène, au nord de Copenick; il est plus spécialement destiné au trafic vers l'aval de la Sprée.

Le canal ne présente que deux biefs; le premier, au niveau du Havel a 3 500 m de longueur; le second, au niveau de la Sprée, a 23 400 m. Ces deux biefs sont séparés par une écluse de 3 m de chute établie à Machnow.

En profil transversal, le canal présente une largeur au plafond de 20 m et des talus inclinés à 3 pour 1. Le mouillage minimum, lorsque le Havel ou la Sprée sont à l'étiage est de 2 m. Comme pour la voie navigable Berlin-Stettin, la cuvette présente, suivant l'axe, un surcroit de mouillage de 0 50 m.

L'écluse de Machnow est à double sas; elle a 67 m de longueur et une largeur utile de 8,60 m. Sur le seuil on trouve au moins 2,50 m de mouillage. La manœuvre des portes se fait par des appareils hydrauliques. A côté de l'écluse est installé un barrage à vannes de 6 m d'ouverture qui permet d'écouler les eaux de crue de la Sprée et de faire des chasses dans le canal. Le canal de Teltow pourra ainsi écouler, comme voie d'évacuation, 36,5 m³ d'eau par seconde, soit 23 0/0 environ de l'ensemble des crues de la Sprée.

La largeur libre des ponts est de 20 m et ils laissent au-dessus de la flottaison normale une hauteur de 4,50 m. La continuité du halage est assurée, sous ces ouvrages, par des passerelles de 1 m de largeur, soutenues par des consoles fixées aux culées.

Les besoins en eau du canal s'élèveront au minimum à 0,8 m³ par seconde; les deux tiers de ce volume peuvent être fournis par le bassin hydrographique même du canal et le restant par la Sprée.

Tel qu'il est projeté, le canal permettra l'exploitation par bateaux de 600 t.

En comptant 270 jours de navigation par an et pour une durée de

(1) Les renseignements que nous donnons ci-après sont extraits en partie des *Annales des Travaux Publics de Belgique* et en partie du *Scientific American*.

service journalier de 19 heures, la nouvelle voie pourra faire face à un trafic de 4 à 5 millions de tonnes. Dès l'origine de l'exploitation, un mouvement de 1 500 000 t (dont les deux tiers en transit) paraît assuré au canal. Les recettes suffiront pour couvrir les frais d'évaluation, évalués à un million de francs environ par an.

Ce programme a subi en exécution quelques modifications; ainsi la largeur du sas de l'écluse a été portée à 10 m de manière à permettre le passage de deux bateaux accouplés du type de Finow, lesquels présentent une largeur de 4,60 m chacun.

Le mouillage sur les seuils de l'écluse est de 3,50 m à l'amont et, à l'aval, de 2,50 m sous les eaux normales et 3,09 m sous les eaux moyennes.

Le remplissage des sas s'opère à l'aide d'aqueducs de 2,50 m² de section, commandés a l'amont et à l'aval par des siphons qui remplacent le dispositif usuel des vannes. Ces aqueducs à siphon sont déjà employés aux écluses du canal de l'Elbe à la Trave.

Les portes de l'écluse de Machnow présentent également une particularité. Ce sont des portes levantes, semblables à des vannes. Ce qui a surtout décidé à adopter ce type, c'est que les portes levantes sortent de l'eau à chaque manœuvre se prêtant ainsi aisément à la visite et à l'entretien de leurs organes.

Il est vrai que ce genre de portes nécessite l'établissement, par-dessus l'écluse, de portiques avec treuils de manœuvre. Mais, dans le cas actuel, on en a profité pour en faire des motifs d'architecture et les supports des vannes ont reçu la forme de massives constructions d'un style archaïque, lesquelles donnent à l'écluse l'aspect assez étrange d'un vieux moulin à eau. Les bâtiments annexés à l'écluse contribuent à donner cette impression. Non seulement ils sont utilisés pour le logement du personnel, mais on y a même arrangé une hôtellerie. Toutes les manœuvres de l'écluse se font à l'électricité. Le courant est fourni par une station centrale du district de Teltow, située à 5 km de là.

L'établissement du canal de Teltow a nécessité la construction de 55 ponts dont 9 pour chemins de fer, sans compter les passerelles destinées à assurer la continuité des chemins de halage. Le programme adopté imposait, comme nous l'avons dit plus haut, une ouverture libre au minimum de 20 m. On s'en est tenu à ce minimum pour quelques ponts dont les conditions d'établissement étaient difficiles. Mais, pour la plupart, on a maintenu le profil normal du canal à la traversée, sauf que les chemins de halage ont été réduits de 2 m à 1,50 m. La portée de ces ponts est normalement de 37 m. A l'exception d'un seul, qui est construit en béton, suivant le type des voûtes, articulées aux naissances et à la clef, tous ces ouvrages sont à tabliers métalliques, mais les formes en sont très heureusement variées selon les conditions locales. Tantôt ce sont des poutres droites ou garde-corps à treillis simples en V et lisses parallèles, tantôt des arcs à treillis s'élevant par-dessus la voie et sous-tendus par un tirant au niveau de celle-ci, tantôt (lorsque le niveau de la route est plus élevé) les poutres, placées sous la voie, prennent appui sur des piles cotoyées par le halage et se prolongent au delà, en porte à faux jusqu'au sommet de remblai de la route, de

sorte que le pont ne comporte pas de culées soumises à des pressions de terres.

D'autres types spéciaux ont été appliqués à certains passages. C'est ainsi que la route de Rixdorf à Mariendorf traverse le canal sur un pont en arc articulé du type cantilever. L'ouverture centrale est de 48 m et les deux latérales de 20.70 m.

Les passerelles de halage qui franchissent les entrées des ponts du canal sont, à certains endroits, d'une importance considérable. La plupart ont trois travées. La travée centrale qui sert au passage des bateaux a une ouverture de 33 à 36 m.

Le canal comporte un grand nombre de ponts. La plupart sont formés d'un simple élargissement du canal à raison de 10 m sur une ou deux rives. Mais, pour Gross-Lichterfelde, Steglitz, Tempelhof et Britz, il a fallu prévoir des installations plus importantes.

Afin de ne pas trop élargir le canal, ce qui eut nécessité un détournement du chemin de halage, on a creusé des bassins spéciaux. A ces ports publics, s'ajoutent deux ports industriels privés.

Le service de halage a été, de la part de l'administration du canal, l'objet de préoccupations toutes spéciales. Ayant décidé, tant dans un but d'unification et de fixation des besoins de la navigation que dans un but fiscal, de se charger elle-même du monopole du halage, elle a ouvert un concours ayant pour objet la détermination du système à adopter. A la suite de ce concours le premier prix à été attribué à la maison Siemens et Halske pour un projet de locomotive électrique.

L'administration a fait ensuite procéder à des essais, non seulement de halage de ce système, mais également de remorquage par moteurs de divers types. Ces expériences ont fixé définitivement le choix sur le halage par locomotives électriques à adhérence roulant sur rails. Toutefois deux sections du canal, d'une longueur totale de 4 500 m, ont dû, par suite de circonstances locales, être exclues de ce mode de traction ; sur ces sections, on a adopté le remorquage.

Les dépenses faites pour la construction du canal de Teltow s'élèvent à 49 millions de francs en nombre rond, non compris 11 millions de frais indirects, parmi lesquels le service du halage, des magasins, entrepôts, etc.

Nous pouvons ajouter à ce qui précède quelques renseignements sur le halage par locomotive.

Le type de locomotive électrique adopté comporte un truck à deux essieux placé à l'avant et dont chaque essieu est actionné par un moteur électrique de 8 chevaux marchant sous une tension de 550 wolts. Il y a un essieu porteur à l'arrière. Le bâti porte un bras disposé comme une volée de grue et le câble de touage après avoir passé sur une poulie terminant ce bras s'enroule sur un treuil mû par un moteur de 3 chevaux. La locomotive pèse 7.500 kg. Elle est établie de manière à pouvoir remorquer deux barques normales à la vitesse de 4 km à l'heure et quatre barques du type du canal de Finow à la vitesse de 4 à 5 km. La machine prend le courant sur un fil aérien porté par des poteaux disposés le long de la voie, comme une voiture de tramway.

Pour les deux sections du canal où la traversée des lacs constitue un

obstacle à l'emploi du halage par locomotives, on a dû avoir recours au remorquage et on a fait divers essais. L'emploi de l'électricité a été reconnu trop coûteux; un bateau à moteur à alcool et un autre avec un moteur à gaz produit par un gazogène à aspiration n'ont pas donné de bons résultats et on a eu recours à un remorqueur à vapeur chauffé au pétrole. On n'a aucune production de fumée et la dépense d'huile ne dépasse pas 0,5 kg par cheval-heure.

Le plus grand navire à voiles du monde. — Nous avons déjà traité cette question à diverses époques, d'abord dans la chronique de juillet 1892, page 173, puis dans celle de juin 1895, page 115. En 1892 le plus grand navire à voiles du monde était le *Maria Rickmers* appartenant à la Compagnie d'armements Rickmers de Brême. Il avait 114,80 m de longueur et jaugeait 3 813 tonneaux bruts, avec une capacité de chargement de 6 000 tonneaux. Il périt corps et biens dans les parages de la Sonde au retour de son premier voyage.

En 1893, le premier rang parmi les voiliers fut pris par le *Potosi* appartenant à la maison F. Laeisz, de Hambourg. Le navire avait 120.10 m de longueur, jaugeait 3 955 tonneaux et pouvait porter 6 150 tonneaux de chargement.

Aujourd'hui le plus grand navire à voiles est le *R. C. Rickmers* appartenant à la maison Rickmers déjà nommée. Ses dimensions sont : longueur 134,50 m, largeur 16,15 m et tirant d'eau maximum 8,15 m ; le tonnage brut est de 5 548 tonneaux, le port en lourd, est de 8 000 t et le déplacement au tirant d'eau maximum de 11 360.

La coque est en acier avec une double paroi, pouvant contenir 2 700 tonneaux de water ballast ; elle est divisée en quatre compartiments par des cloisons étanches.

La mâture est en proportion ; elle comprend cinq mâts verticaux et un beaupré très court, cet mâts sont : le mât de misaine, le grand mât, le mât de milieu, le mât d'artimon et un mât de goélette à l'arrière. Tous ces mâts sont en acier.

Le grand mât, en tôle de 12,5 m d'épaisseur, a 0,915 m de diamètre à la base ; sa hauteur au-dessus du pont est de 54 m, la grande vergue à 30,50 m de longueur, la surface totale de voilure est de 4 650 m²

Le navire porte un moteur auxiliaire à triple expansion pouvant développer 790 chevaux indiqués et recevant la vapeur de deux chaudières. Le moteur actionne une hélice du système Bevis dont les ailes, au nombre de deux seulement, peuvent être, au moyen d'un arbre intérieur à l'arbre de couche, orientées de manière à se trouver dans un plan vertical passant par l'axe longitudinel du navire lorsqu'on marche à la voile. Le moteur auxiliaire assure une vitesse de 6 à 8 nœuds suivant l'état de chargement du navire. Les soutes contiennent 650 tonneaux de charbon.

L'équipage se compose d'un capitaine, d'un second, de deux officiers et de cinquante-neuf hommes d'équipage.

Dans le premier voyage de *R. C. Rickmers* entre Brême et New-York la vitesse moyenne à la voile seule s'est élevée à 15,75 nœuds.

et le rapport du capitaine dit qu'avec une très forte brise, on peut atteindre 17 nœuds.

La combustion spontanée du charbon. — L'importante question de la combustion spontanée du charbon a été traitée très complètement par le professeur Vivian B. Lewes dans une conférence faite dernièrement devant la Société des Arts, à Londres; nous en donnons ci-après un résumé.

Lorsqu'on emmagasine en grandes masses des substances inflammables, il se produit des chances de combustion qui n'existent pas pour de faibles quantités ; c'est l'importance du dépôt qui est le facteur dangereux. Beaucoup de substances, surtout d'origine végetale, éprouvent une oxydation lente à des températures inférieures à leur point d'inflammation et c'est seulement parce que cette action se répartit sur un laps de temps considérable qu'on ne peut pas apprécier le développement de chaleur qui se produit. Il faut une certaine élévation de température pour que la combustion lente se produise, mais, dès que cette température est atteinte, et que l'action commence, la masse de la matière absorbe la chaleur dégagée et la réaction chimique augmente rapidement avec l'élévation de la température ; quelquefois cet effet arrive à déterminer l'inflammation.

L'élévation initiale de température peut se produire par diverses causes :

1° Par un effet physique tel que l'absorption d'une grande quantité de gaz et sa compression dans les pores d'une substance telle que le charbon de bois ;

2° Par l'élévation de la température atmosphérique ;

3° Par une action chimique se produisant à la température ordinaire:

4° Par l'action de ferments sur diverses matières organiques.

Lorsque du charbon de bois a été cuit à une température assez élevée, il est beaucoup moins inflammable que s'il a été cuit à plus basse température ; cela tient à ce que ce dernier conserve certains composés d'hydrogène, de carbone et peut-être d'oxygène ayant des propriétés plus ou moins pyrophoriques. Le charbon cuit à haute temperature est du carbone presque pur et il a conservé la structure primitive du bois à cause de l'infusibilité du carbone qui forme les parois des cellules. C'est cette structure qui permet à un morceau de charbon fraichement préparé d'absorber des quantités considérables de gaz.

L'absorption est d'abord très rapide, puis elle diminue graduellement ; elle est d'ailleurs fortement influencée par la température. Elle est d'abord purement mécanique et cause par elle-même une élévation de température, c'est le cas du charbon de bois preparé en vase clos avec certaines essences, pour la fabrication de la poudre et qui s'enflammerait spontanément si on ne la conservait plusieurs jours dans des vases fermés pour le faire refroidir avant de l'exposer à l'air. L'absorption varie aussi avec la surface de contact. Avec le charbon en poudre, cette surface étant considérable l'absorption se fait rapidement et la température s'élève également. Si on conserve du charbon de bois récemment préparé un jour ou deux à l'abri de l'air, et qu'on le pulvé-

rise, il n'est pas rare qu'il s'enflamme au bout de trente-six heures. C'est pour cette raison que, lorsqu'on fait du charbon pour la fabrication de la poudre, on le conserve pendant trois jours à l'abri de l'air et au moins dix jours s'il est en poudre.

Le noir de lampes, qu'on emploie largement pour la fabrication de l'encre d'imprimerie et dans la peinture, a les mêmes propriétés que le charbon de bois ; il est même un peu plus dangereux au point de vue qui nous occupe, parce qu'il conserve des petites quantités de matières grasses provenant de la combustion des hydro-carbures qui servent à sa préparation et quelquefois des traces de soufre.

Dans la combustion spontanée du charbon déposé en tas dans les usines à gaz, ou dans les cales des navires, l'absorption de l'oxygène atmosphérique et l'élévation de la température jouent toutes deux un rôle important. C'est probablement ce phénomène qui prélève le plus lourd impôt tant en vies humaines qu'en charbon sur la marine, ce genre d'accidents décimant littéralement les navires faisant le transport du charbon vers les ports de l'Extrême-Orient.

La houille, qui est le résidu fossile d'une végétation formidable développée longtemps avant l'apparition de l'homme sur la terre, peut être regardée comme ayant sensiblement la même composition que du charbon de bois peu cuit mais rendu plus dur par une forte compression éprouvée pendant sa formation et plus riche en hydro-carbures, ce qui est dû à ce que ces substances n'ont pu s'échapper pendant cette période. La houille contient donc, non seulement les matières inorganiques contenues dans le bois primitif, mais aussi des substances minérales amenées par infiltration pendant la longue durée de la formation, Cette houille se compose en somme de carbone, d'hydrocarbures et de matières inorganiques. Parmi ces dernières on rencontre des pyrites de fer qui se présentent souvent sous la forme de paillettes brillantes couleur d'or dans les joints de clivage quelquefois en masses dans les cavités du charbon et enfin en poudre fine dans le charbon lui-même.

Si on recueille ces pyrites et qu'on les expose en tas à l'air humide, elles s'échauffent rapidement et s'enflamment même quelquefois à cause de l'action oxydante de l'air humide sur le soufre et certaines personnes admettent que c'est la présence des pyrites dans la houille qui amène la combustion spontanée de celle-ci. Il est cependant certain que beaucoup de charbons qui contiennent une proportion élevée de pyrites n'ont jamais donné lieu à des accidents de ce genre, alors que d'autres qui n'en contiennent pas sont sujets à la combustion spontanée s'ils sont placés dans des conditions propres à amener celle-ci.

Une étude attentive des phénomènes qui se produisent dans l'échauffement d'une masse de houille fait voir que les pyrites qui y sont contenues ne jouent qu'un rôle très accessoire et que c'est en réalité l'absorption de l'oxygène par le charbon fraîchement extrait et l'action de ce gaz condensé dans les pores du charbon sur les hydrocarbures qui sont les facteurs actifs qui amènent l'échauffement et la combustion.

Dans les couches de houille, celle-ci conserve des traces de la structure primitive du bois et ses pores sont remplis de méthane ou d'un mélange de méthane et d'acide carbonique, gaz produits pendant les

actions qui ont amené la formation de la houille. Lorsque le charbon est extrait et amené au jour, ces gaz s'échappent à la surface des morceaux et sont remplacés par l'oxygène de l'air. Cet effet ne se produit guère qu'à l'extérieur et de très gros fragments ne risquent pas de s'échauffer; mais à mesure que le charbon se divise par suite des manipulations qu'il subit, les surfaces se multiplient et cette augmentation favorise l'effet dont nous parlons.

La simple absorption de l'oxygène n'est pas suffisante pour amener des conséquences bien sérieuses, à moins qu'il ne se produise une élévation initiale de température pouvant déterminer l'échauffement, élévation causée dans les navires chargés de houille par le passage des tropiques ou par le voisinage des chaudières, ou d'un tuyau de vapeur, etc. On a en effet constaté, dans ce dernier cas, que l'échauffement commence à l'endroit où se trouve sa cause initiale.

D'après les idées en cours autrefois, il fallait prévenir l'échauffement du charbon par une ventilation active; ce moyen aurait été très efficace si on avait pu envoyer l'air dans la masse même du charbon, mais c'était impossible à réaliser dans les cales des navires et même dans les tas de houille, et le résultat aurait été de fournir juste assez d'air pour favoriser l'élévation de température. Il y a beaucoup de cas bien prouvés où la ventilation est responsable de la perte de navires, tandis que d'autres chargés du même charbon et non ventilés ont atteint sans accident leur port de destination.

L'humidité est un agent très énergique pour aider l'action chimique et on sait que certaines combinaisons, telles que la combustion de l'oxyde de carbone ou même du phosphore par l'oxygène se produisent difficilement si les deux corps sont parfaitement secs. Ainsi l'action de l'oxygène renfermé dans les pores du charbon est-elle grandement facilitée par la présence de l'humidité. S'il pleut lorsqu'on charge un navire de houille, il y a beaucoup de chances pour l'échauffement de la cargaison.

On a récemment proposé, pour prévenir la combustion spontanée de la houille, de mouiller le charbon en tas ou en masses. Cette méthode est efficace tant que le charbon est suffisamment mouillé, mais elle est difficilement applicable en pratique et même très dangereuse. En effet, les transporteurs seront toujours tentés de mettre le moins d'eau possible, pour ne pas trop réduire la quantité de fret payant et de ne mouiller le charbon que juste assez pour favoriser l'échauffement plutôt que le prévenir. D'ailleurs, si même on mettait assez d'eau, il serait à craindre que cette eau s'évaporât peu à peu et n'arrivât à humecter toute la masse de charbon, mettant ainsi celle-ci dans des conditions favorables à la production de l'échauffement.

A terre, l'effet de l'exposition du charbon à l'air est bien connu, dans les usines à gaz, par exemple. On sait que ce charbon perd une partie de ses hydrocarbures et qu'on obtient avec lui moins de gaz ou du gaz d'un pouvoir éclairant plus faible. Dans ce cas comme dans les autres, la quantité joue un rôle important, comme on peut le constater par les statistiques relatives aux cas de combustion spontanée de chargements à destination de l'Orient. Sur les chargements de 500 tx, les cas

de combustion spontanée sont seulement de 0,25 0/0, tandis que pour ceux de 2 000 tx, la proportion s'élève à 9 0/0.

Pour combattre ce genre d'accidents, la précaution la plus importante consiste à prévenir, autant que possible, le bris du charbon pendant l'emmagasinage, parce que l'augmentation des surfaces qui résulte de ce bris coïncide avec la production des conditions les plus favorables à l'échauffement. La réduction du charbon en fragments n'a pas le même inconvénient dans les précédentes opérations, telles qu'abatage, extraction, transport, etc., parce que, si de la chaleur se produisait, elle se répandrait dans l'air extérieur sans avoir le temps d'amener l'échauffement du charbon. *(A suivre.)*

Industrie de la carbonisation du bois en vase clos. — Notre collègue, M. F. Chevalet, a bien voulu nous adresser quelques observations au sujet d'un article paru dans la Chronique d'août 1906, page 266, sous le titre : « Nouvelles applications de la tourbe et des produits des forêts », article résumé, comme nous l'avons indiqué, du Supplément du *Scientific American.*

Il semblerait résulter de cet article, dit M. Chevalet, que les plus importantes fabriques se livrant à l'industrie de la carbonisation sont en Allemagne, en Autriche et en Suisse. Ce n'est pas exact.

On carbonise en France deux fois plus de bois qu'en Allemagne, et ce dernier pays est obligé d'importer la majeure partie des quantités de méthylène nécessaire pour la fabrication des couleurs d'aniline (d'après Duchemin, *Revue Générale de Chimie pure et appliquée*, 1902).

Les bois servant de matière première sont des bois de taillis, provenant de coupes annuelles faites dans 200 000 ha de forêts, appartenant soit à l'État, soit aux communes, soit à des particuliers, et leur achat influe sur les prix de vente des coupes de 1 200 000 à 1 500 000 ha répartis sur une quarantaine de départements.

Les principaux produits de la distillation du bois sont : le charbon de bois, le méthylène et l'acide acétique (sous forme soit d'acétate de chaux, soit d'acétate de soude) ; enfin, les goudrons qui, comme les goudrons de houille, peuvent être considérés comme une mine de produits chimiques (créosote et gaïacol).

L'acétone n'est qu'un sous-produit dérivant de l'acide acétique, et quant à la méthylamine, on ne l'extrait pas du bois.

On peut estimer qu'en France on carbonise en vase clos de 800 000 à 1 000 000 de stères de bois par an, dont le prix d'achat rendu aux usines est de 5 à 6 millions de francs. On en retire environ 75 000 t de charbon de bois, 24 000 t d'acétate de chaux gris, 40 000 hl d'alcool méthylique ; la valeur marchande de ces produits est de 15 à 16 millions de francs.

On peut évaluer le nombre des personnes que cette industrie intéresse, dans les forêts pour le travail des bois et leur transport, soit directement, soit indirectement, à plus de 90 000, et celui des ouvriers employés dans les usines à quelques milliers.

Les départements français dans lesquels on trouve les usines les plus importantes sont : la Nièvre, la Côte-d'Or, le Jura, la Mayenne, les

Ardennes, le Cher et la Haute-Marne. Une usine très importante se trouve aux portes de Paris même, à Ivry.

Ce qui précède fait voir que la carbonisation du bois en vase clos, dont on peut regarder l'Ingénieur Philippe Lebon comme le promoteur, est restée une industrie française des plus importantes.

M. Chevalet ajoute que l'Amérique du Nord carbonise beaucoup de bois en vase clos et elle fabrique des quantités considérables de méthylène dont elle inonde le marché européen ; protégée par des droits prohibitifs, elle ne craint aucune concurrence sur son marché intérieur et elle exporte le surplus de sa production à n'importe quel prix. Cette importation a fait passer en France le prix du méthylène à 90 degrés de 120 f l'hectolitre à 80 f. Il faut ajouter que l'Amérique ne fabrique guère que des produits bruts et qu'une partie du méthylène américain est rectifiée en France. Un des emplois du méthylène pur est la fabrication du formol, dont tout le monde connaît les propriétés antiseptiques. Cette fabrication a été montée en France dans quelques usines de carbonisation de bois.

Production de l'électricité par la destruction des ordures ménagères. — Nous donnons ci-dessous, d'après l'*Engineering Record*, quelques détails sur une installation produisant l'électricité par la destruction des immondices établie à Westmount, Canada, Cette localité est un faubourg de Montréal, mais possède une administration municipale indépendante; elle compte environ 15000 habitants et ne renferme pour ainsi dire ni usines, ni fabriques. Après quelques essais infructueux entrepris dans le but de se débarrasser des ordures ménagères, les autorités ont chargé l'Ingénieur municipal d'étudier les diverses méthodes en usage et, à la suite d'un rapport de celui-ci, ont décidé de créer une installation combinant l'incinération de ces matières avec la production du courant électrique appliqué à l'éclairage public et privé.

Cette installation comprend deux bâtiments en briques dont l'un contient les appareils d'incinération et une batterie de chaudières chauffées par la chaleur développée par la combustion. L'autre bâtiment renferme les moteurs actionnés par la vapeur et les générateurs d'électricité commandés par eux.

Les incinérateurs sont du type Meldrum très employé en Angleterre, La configuration du terrain est telle que les matières arrivent dans une partie située à environ 15 m au-dessus du sol du bâtiment des incinérateurs et sont amenées par la gravité seule sur les grilles de ceux-ci. Des trémies métalliques placées au-dessus des ouvertures de chargement des grilles permettent d'emmagasiner une certaine quantité de matières pour le cas où leur arrivée dépasse la capacité des incinérateurs.

Ces appareils, qui sont du modèle à trois grilles, sont desservis par une cheminée de 45 m de hauteur construite en briques à forme trapézoïdale Custodis. La flamme et les gaz chauds produits dans les fours sont envoyés sous des générateurs Babcock et Wilcox, au nombre de trois dont chacun a 204 m² de surface de chauffe; ces chaudières sont

disposées spécialement pour utiliser la chaleur développée par les appareils d'incinération.

L'installation pour produire l'électricité, établie dans le bâtiment voisin, comprend une génératrice de 75 kilowatts et deux de 200, avec les accessoires nécessaires. Ces génératrices sont mues par des machines à vapeur alimentées par les chaudières Le courant électrique est utilisé pour l'éclairage de la ville.

On a mis en marche l'installation vers le milieu du mois d'avril dernier et elle a constamment fonctionné depuis en détruisant journellement environ 30 chargements de 680 kg chacun, soit 20000 kg en nombre rond. Cette opération demande à peu près 10 à 12 heures, de sorte que la combustion a lieu à raison de 1 700 à 2000 kg à l'heure. Du reste nous donnons ici les résultats d'un essai effectué récemment par les Ingénieurs-Conseils de la municipalité pour constater si l'installation remplissait bien les conditions exigées.

L'essai a duré 8 heures 1/2 pendant lesquelles il a été brûlé exactement 17 000 kg d'immondices de toute nature. La surface de grille des incinérateurs étant de 6,97 m², la combustion s'est effectuée a raison de 236 kg par mètre carré et par heure.

On peut estimer que les matières alimentant les fours contenaient 65 0/0 de cendres d'anthracite, débris de charbon, etc, 15 0/0 de balayures, résidus de ménage, etc, 15 0/0 de papier, débris de bois, etc, et 5 0/0 de boites de conserves, fer, cuir, etc. Le poids des escarbilles restantes a été trouvé de 7 194 kg. soit 42 0/0 en nombre rond du poids des matières employées.

Les chaudières ont vaporisé pendant l'essai 19 022 kg d'eau, soit 1,12 kg par kilogramme de matières; si on réduit les températures de l'eau et de la vapeur à 100 degrés, on trouve 1,36 kg d'eau par kilogramme de matières.

La température moyenne de l'atmosphère pendant l'essai était de 12,5 degrés centigrades; celle de la chambre de combustion, déterminée au moyen d'un pyromètre Watkins, a été trouvée en moyenne de 1 090 degrés centigrades, au maximum de 1 270 et au minimum de 950. Les températures moyennes des gaz à l'entrée et à la sortie des chaudières ont été trouvées, respectivement de 219 et 167 degrés centigrades. L'eau d'alimentation entrait aux chaudières à 8,3 degrés et la pression de la vapeur était en moyenne de 8.75 kg par centimètre carré. Les fours étaient alimentés à l'air chaud produit par un régénérateur, l'air entrait dans cet appareil à 24 degrés et en sortait à 96 degrés. Le chauffage de l'air explique la température relativement basse à laquelle les gaz arrivent aux chaudières.

On nettoyait les grilles trois fois pendant l'essai, cette opération demandait environ 10 minutes; il s'écoulait donc 2 h. 48 m. entre chaque nettoyage. Dans la seconde partie de l'expérience, on a perdu environ trois quarts d'heure à attendre des matières qui manquaient.

Les experts estiment que, sans cette circonstance, on aurait inciné la quantité totale en 8 heures. De plus la proportion de substances incombustibles était trop élevée pour que les fours aient pu développer toute leur puissance d'incinération.

On peut se faire une idée de la température produite lorsque les appareils étaient en pleine marche par les faits suivants. Un morceau de tube de cuivre de 25 mm de diamètre et 40 de longueur, d'une épaisseur de 2 1/4 mm a été volatilisé en 1 minute et 19 secondes dans la chambre de combustion et un fer à cheval a été retiré des scories des grilles, fondu en plusieurs endroits. Or, le fer forgé entre en fusion à 1600 degrés centigrades. On a trouvé aussi, en partie fondu, un pot de terre réfractaire.

Les gâteaux de scories produits étaient durs et de consistance vitreuse, en masses très denses. On ne voyait pendant la durée de l'essai aucune fumée sortir de la cheminée et on ne percevait aucune odeur.

L'analyse des gaz sortant des fours a fait constater une proportion moyenne de 10,9 0/0 d'acide carbonique, ce qui indique une combustion bien complète. Pendant le nettoyage des grilles, où les portes des fourneaux étaient ouvertes en grand, il entrait une quantité d'air considérable et la proportion d'acide carbonique tombait à 4,5 0/0.

La conclusion tirée de cet essai par les experts chargés de l'effectuer a été que l'installation remplissait toutes les conditions exigées des constructeurs et qu'il y avait lieu de l'accepter.

COMPTES RENDUS

SOCIÉTÉ D'ENCOURAGEMENT POUR L'INDUSTRIE NATIONALE

Aout-Septembre-Octobre 1906.

Rapport de M. Lafosse, au nom de la Commission des Fonds, sur **Les comptes de l'exercice 1905.**

Rapport de M. Bordet, au nom des Censeurs, sur **Les mêmes comptes.**

Rapport de M. Ed. Sauvage, sur des **Appareils de calage par frottement**, présentés par M. Remondy.

Ces appareils sont basés sur les propriétés du frein funiculaire, c'est-à-dire, d'un organe flexible enroulé sur un cylindre: on obtient ainsi un serrage énergique avec un très faible effort. L'inventeur en présente diverses dispositions qu'il a appliquées à plusieurs usages : freins d'automobiles, d'appareils de levage, de tramways, etc. Nous ne pouvons qu'en indiquer le principe. Ces appareils sont bien étudiés et ont déjà reçu des applications pratiques.

Les industries du mica, d'après M. George Westmore Colles. (Extrait du *Journal of the Franklin Institute.)*

L'auteur étudie successivement, les conditions géologiques et géographiques de l'existence du mica, son histoire, son exploitation et ses usages. Il était connu dans l'antiquité où on l'employait comme vitrage et comme ornement : Il existe dans beaucoup de contrées, mais n'est exploité d'une manière sérieuse que dans l'Inde, au Canada et aux États-Unis.

Toute l'industrie du mica peut se diviser en trois branches principales savoir : comme vitrage, comme isolant électrique et pour la décoration à l'état de poudre de mica. La première application concerne les vitrages de poêles et fourneaux et les cheminées de lampes ; la seconde est basée sur ce que le mica est un isolant de premier ordre, on s'en sert pour les dynamos et pour l'isolement des fils et des barres d'armatures, pour les diaphragmes résonateurs pour téléphones et pour les phonographes; enfin on se sert du mica en poudre pour la décoration des papiers de tenture, pour les compositions calorifuges et aussi comme lubrifiant.

La production mondiale a monté, de 1894 à 1902, de 1500000 f à 2 millions. Ces chiffres ne sont pas bien élevés, mais les avantages de cette substance sont tels que le développement de son industrie peut être considéré comme certain; sa situation pour diverses applications est inexpugnable.

Notes de chimie, par M. Jules Garçon.

Nous signalerons sous cette rubrique : la technologie chimique des fibres et fils artificiels ; la récupération de l'étain dans les déchets de fer-blancs ; l'augmentation de volume des ciments Portland ; les stabilisations du coton-poudre ; l'insolubilisation des gélatines par les aluns ; les propriétés colloïdales des matières amylacées ; la réaction de l'iode ; la viscose dans la fabrication du papier, les engrais chimiques ; les vœux du VIe Congrès International de Chimie appliquée, etc.

Notes de mécanique.

Nous trouvons dans ce chapitre une étude sur l'embarquement des charbons aux docks de Penearth et de Newport ; une note sur la fabrication des tôles de fer-blanc ; une sur les usines d'air comprimé pour les tunnels du Pennsylvania R. R. sous l'East River, et une étude sur la bielle Ramsay.

SOCIÉTÉ DE L'INDUSTRIE MINÉRALE

Septembre-Octobre 1906

District de Paris

Réunion du 14 juin 1906

Lettre de M. Bel relative à une **installation de laminoirs actionnés par l'électricité.**

Il s'agit de l'usine de Pamiers, appartenant à la Société métallurgique de l'Ariège, usine qui produit des fers puddlés, des aciers de diverses natures et des produits transformés. On y fait de nouvelles installations dont une des plus remarquables consiste dans l'utilisation directe du courant triphasé à la mise en marche de laminoirs pour trois trains, dont un dégrossisseur.

Communication de M. Francis Laur sur le **bassin houiller de Lorraine.**

L'auteur expose d'abord les considérations géologiques qui avaient conduit à admettre la possibilité de la prolongation en France du bassin de Sarrebruck et les étapes par lesquelles a passé la vérification de cette supposition. Le premier pas pratique dans cette voie a été le sondage d'Épy, commencé le 20 novembre 1902, et c'est le 23 juillet 1904 que ce sondage a rencontré le terrain houiller à la profondeur de 639 m. Les découvertes se sont ensuite succédé assez rapidement et on doit admettre aujourd'hui l'existence d'un bassin houiller nouveau, dont l'auteur estime la surface au moins égale à celle du bassin de la Loire.

M. Laur insiste particulièrement sur deux sondages opérés dans les

terrains supérieurs en houiller en Lorraine, l'un à Raucourt et l'autre près de Dieulouard ; ces sondages ont été faits avec un outillage perfectionné. La traversée du lias et du trias par ces sondages a donné lieu à des remarques géologiques très intéressantes et sur lesquelles la note s'étend longuement. Il en profite pour indiquer la constatation qu'il a faite dans ces conditions de matières minérales plutôt filoniennes dans les sédiments tranquilles de la Lorraine et cela à l'état normal. On trouve même dans ces matières l'or et l'argent à des teneurs très basses, il est vrai, sauf exception. Il y a là un fait qui mérite d'attirer l'attention.

Ce point, c'est-à-dire la présence de métaux précieux dans le terrain supérieur au houiller, a donné lieu à une discussion intéressante, et la question générale a été l'objet d'observations nombreuses, notamment sur l'historique de la houille en Lorraine.

Réunion du 4 juillet 1906

Communication de M. Campredon sur **l'échantillonnage des matières minérales.**

L'échantillonnage des matières soumises à l'analyse présente une importance considérable. Les matières peuvent se diviser en : 1° les minerais sur place ; 2° les minerais extraits, et 3° les produits fabriqués.

L'auteur examine successivement pour ces divers états la manière dont on doit prélever les échantillons pour qu'ils correspondent à la composition générale de la masse.

Communication de M. Térier sur les **sables à mouler et leur emploi en fonderie.**

L'auteur entre dans des détails circonstanciés sur la composition des sables et les mélanges à faire ; il indique les moyens de vérification consistant dans l'emploi d'une éprouvette en verre où les couches se superposent en permettant d'apprécier la teneur en alumine. Cette méthode permet d'employer des sables très alumineux et par conséquent très économiques, en les mélangeant avec des sables fins donnant des moulages très lisses et très beaux, et avec les vieux sables de fonderie.

Communication de M. de Gennes sur une **cuirasse pour lampe de sûreté de mines.**

L'auteur a pensé qu'on augmenterait la sécurité des lampes de mines par l'emploi d'un dispositif qui, tout en facilitant largement l'alimentation d'air de la lampe, ne permet pas à un courant d'air, quelle que soit sa direction et sa force, de traverser le tamis et de propager une inflammation de l'intérieur à l'extérieur. Cette disposition, qui a été expérimentée, donne une augmentation de sécurité, une augmentation d'éclairage et une grande facilité d'alimentation dans les milieux mauvais.

Communication de M. Bergeron sur le **bassin houiller de Lorraine.**

L'auteur a fait l'historique des recherches entreprises en vue de trouver en Lorraine le prolongement du bassin de Sarrebruck, mais il le fait au point de vue des idées théoriques qui ont dirigé ses recherches, en commençant par Jacquot qui, de 1853 à 1866, s'était laissé guider par l'idée théorique que les plis affectant les terrains secondaires recouvrent des plis de même sens dans les terrains primaires. C'est la théorie des plis posthumes émise plus tard par Juess. Or, les travaux entrepris depuis sur le prolongement, en Lorraine, du bassin de Sarrebruck, ont pour base cette théorie et ne sont, dès lors, que la reproduction inconsciente des conclusions que Jacquot appliquait seulement à la partie de la Lorraine actuellement annexée.

M. Bergeron entre ensuite dans une étude de détails sur les résultats donnés par les sondages et en tire des conclusions intéressantes sur les endroits où il convient d'établir de nouveaux sondages.

Réunion du 10 juillet 1906

Communication de M. Weiss sur les **appareils de sauvetage.**

L'auteur débute par montrer par les chiffres de mortalité proportionnelle dans les mines, que cette mortalité est plus faible en France que dans tous les autres pays, à l'exception de la Belgique, et que, par conséquent, l'organisation des mines françaises, au point de vue de la sécurité, ne mérite pas les critiques qu'on en a faites à l'occasion de la catastrophe de Courrières.

M. Weiss décrit ensuite les appareils respiratoires portatifs en les divisant en trois groupes : les appareils à oxygène comprimé, les appareils à air comprimé et les appareils basés sur le principe de la réaction de l'acide carbonique et de l'eau sur les bioxydes de sodium et de potassium pour la régénération de l'air. Les avantages et les inconvénients de chaque type sont indiqués ainsi que les cas ou l'usage peut en être recommandé.

Cette communication a été suivie d'une intéressante discussion.

Communication de M. Lemière sur **la théorie mathématique de la formation des roches houillères** et méthode de recherche de la houille.

Cette théorie est basée sur ce fait que la plupart des roches houillères portent l'empreinte d'une action hydrodynamique, les roches stériles ayant été formées de matériaux arrachés par les eaux aux terrains sur lesquels elles coulaient; les couches de houille se sont formées par surimposition continue de forêts, sur des dépôts et chaque couche a été ensuite recouverte par des sédiments terreux. La superposition des assises houillères est due à un retour de causes semblables reproduisant périodiquement les mêmes effets ; ces causes sont des inondations successives d'intensité variable. La possibilité d'une solution mathématique est basée sur la connaissance approximative de la variation des

masses charriées, de la vitesse des eaux, et l'inclinaison des talus naturels. Ces considérations sont exposées avec de grands développements dans la communication donc nous nous occupons.

SOCIÉTÉ DES INGÉNIEURS ALLEMANDS

N° 43. — *27 octobre 1906.*

Installations mécaniques dans les usines métallurgiques, par Fr. Frolich *(suite)*.

Dispositifs de graissage pour machines marines, par C. Strebel *(fin)*.

Chemin de fer électrique aérien à l'Exposition de Milan en 1906, par W. A. Muller.

Transport par chemin de fer et par voies de navigation, par C. Schott.

Résistance au choc d'un système triangulaire par L. Vianello.

Groupe de Berg. — Formation des fissures dans les tôles de chaudières. — Prévention de la fumée dans le chauffage des chaudières.

Groupe de Cologne. — L'industrie moderne de l'acier et les établissements Krupp.

Groupe du Rheingau. — Ecrasement des tubes de chaudières sur deux locomotives.

Bibliographie. — Expériences sur le travail des machines-outils pour les métaux, par C. Codron.

Revue. — Soupape d'échappement de Ferranti. — Travaux du tunnel sous l'East River à New-York. — Grosses locomotives Mallet du Great-Northern R. R. aux Etat-Unis. — Le navire de guerre *Dreadnought*.

N° 44. — *3 novembre 1906.*

Ouverture d'une voie de communication pour voyageurs et marchandises à travers les Cordillères du Nord de l'Argentine par une ligne aérienne du système Bleichert, par G. Dieterich.

Ecrasement de foyers circulaires sous une pression extérieure, par O. Knaudt.

Les appareils de production de force motrice à l'Exposition nationale bavaroise à Nuremberg, H. Dubbel *(fin)*.

Groupe du Rhin inférieur. — Quelques observations sur la question des eaux de fabrique.

Groupe de Wurtemberg. — L'alimentation d'eau dans le Wurtemberg.

Revue. — Exploitation par automobiles sur rails de la ligne Arad-Csanad. — Le port de la Gtehoffnungshutte à Walsum. — Machines

d'extraction électrique dans la Province Rhénane et la Westphalie. — Emploi de l'alcool pour les usages industriels.

N° 45. — *10 novembre 1906*.

Notice nécrologique sur Wilhelm Hansen.

Turbine à vapeur de 500 kilowatts, systèmes Melms et Pfenninger par M. Schroter.

Utilisation des hautes eaux dans les installations de force motrice hydraulique, par H. F. Grunert

Ouverture d'une voie de communication pour voyageurs et marchandises à travers les Cordillières du Nord de l'Argentine par une ligne aérienne du système Bleichert, par G. Dieterich *(suite)*.

Propagation de la chaleur dans les moteurs, par H. Hort.

Groupe d'Aix-la-Chappelle. — Développement des applications de l'électricité depuis 1890,

Groupe du Palatinat-Saarbruck. — Le calorimètre Ranpp. — Conception moderne du rôle des sciences naturelles.

Revue. — Les chemins de fer funiculaires dans les grandes villes américaines. — Essais des navires de guerre anglais Dreadnought et Gadfly.

N° 46. — *17 novembre 1906*.

Exposition Germano-Bohême à Reichenberg en 1906. — Machines motrices, machines-outils, etc., par Th. Demuth.

Installations mécaniques dans les usines métallurgiques, par Fr. Frolich (*suite*).

Turbine à vapeur de 500 kilowatts, système Melm et Pfenninger, par Schoter *(fin)*.

Ouverture d'une voie de communication pour voyageurs et marchandises à travers les Cordillères du Nord de l'Argentine par une ligne aérienne du système Bleichert, par G. Dieterich *(fin)*.

Poinçonneuse automatique pour les tôles, par T. Schwartz.

La vente des inventions techniques en Allemagne et dans les autres pays, par H. Scherbak,

Groupe du Rhin moyen. — Le barrage de Gotha.

Bibliographie. — Aide-mémoire pour les machines à vapeur, par I. Hrabak.

Revue. — Exposition du modèle d'un chemin de fer aérien à Berlin. — Surchauffeur Schmid pour chaudières marines — Elévation d'eau par bélier hydraulique.

Pour la Chronique et les Comptes rendus :
A. MALLET.

BIBLIOGRAPHIE

I[re] SECTION

Les Abattoirs publics (vol. 1).

Construction et aménagement des Abattoirs, par J. de Loverdo (1).

Il y a quelques mois, a paru un important volume, de M. de Loverdo, Ingénieur sanitaire, sur la question des abattoirs publics.

Cette question, déjà ancienne, n'a pas fait l'objet, en France, d'une étude aussi sérieuse qu'elle le mérite, et pourtant, c'est dans notre pays que furent construits, d'après M. de Loverdo, les premiers abattoirs rationnels. Ces exemples, dont l'étranger a su profiter, n'ont pas été suivis chez nous, et c'est depuis quelques années seulement qu'une réaction se produit pour revenir aux véritables conditions suivant lesquelles doit être établi un abattoir moderne.

L'auteur, chargé par le Gouvernement français d'une importante mission en Allemagne en Autriche et en Danemark, était particulièrement compétent pour traiter ces questions.

C'est de 1780 à 1810 que furent construits, en France, les premiers abattoirs publics, où le bétail était tué et apprêté en commun. Ces abattoirs furent édifiés à Rochefort, Blois, Grenoble et Paris.

En 1810, on décida la création, à Paris, de cinq abattoirs : au Roule, à Villejuif, à Grenelle, Ménilmontant et Montmartre. Leur plan constitue un retour en arrière sur celui des premiers, et ils ont malheureusement servi de type pour tous ceux qui ont suivi, y compris le grand abattoir de la Villette. En effet, dans les premiers (Rochefort, Blois, etc.) existe une halle centrale d'abatage où tous les bouchers travaillent ensemble et où ce travail est fait d'une façon économique et hygiénique. Au contraire, dans ceux qui ont été construits depuis 1810 jusqu'à nos jours, cette halle est remplacée par une série de cases distinctes ou échaudoirs desservis par un couloir commun, dans lesquels chaque boucher est entièrement chez lui et fait ce qu'il veut. La surveillance n'est donc plus possible et les conditions hygiéniques sont beaucoup plus mauvaises. C'est, du reste, sous l'influence de la puissante corporation des bouchers de Paris que le principe de la halle centrale avait été abandonné. Cette conception de la grande halle commune constitue, pour M. de Loverdo, une des principales conditions de bonne installation d'un abattoir, si petit qu'il soit.

En 1848, on créa deux nouveaux abattoirs.

L'agrandissement de Paris amena l'annexion de ceux qui existaient aux Batignolles, à Belleville et à la Villette, et c'est en 1860 que l'on

(1) In-8°, 225 × 165 de VIII-902 p. avec 375 fig. et 9 pl. Paris, H. Dunod et E. Pinat, 1906. Prix : broché, 27,50 f.

décida de remplacer ces dix abattoirs par un seul, celui qui est construit à la Villette. Cet abattoir n'a réalisé aucun progrès et, malheureusement, sa notoriété le fit prendre comme modèle pour ceux construits depuis en province.

Ce n'est que depuis 1900, grâce aux études faites à l'étranger, qu'une réaction s'est produite, et les nouveaux abattoirs en construction à Angers, Soissons, Nancy, Frouard, etc., vont enfin rompre avec les anciennes routines. Si l'on songe à l'influence énorme qu'ont, sur la santé publique. les conditions hygiéniques dans lesquelles les animaux de boucherie sont tués et leur viande apprêtée et conservée, on voit que l'étude de ces conditions acquiert une importance capitale.

C'est cette étude que M. de Loverdo a faite d'une façon extrêmement complète, d'après son expérience personnelle et les renseignements recueillis au cours de ses missions.

Suivant lui, tout abattoir, même celui de très petites villes, doit se diviser en trois sections, plus ou moins développées suivant l'importance de l'établissement.

1° Section administrative, contenant les bureaux, les logements du directeur et des employés à demeure, les laboratoires, salles de photographie, lavabos, etc. Il doit y avoir, de plus, les écuries et remises pour les voitures des bouchers, ainsi que des lavabos et vestiaires pour ceux-ci.

2° Section technique.

Elle comprend d'abord les étables, où le bétail est remisé à l'arrivée et doit se reposer vingt-quatre heures, avant d'être abattu, la viande d'un animal fatigué étant moins saine et moins bonne.

De ces étables, les bestiaux passent dans la grande halle d'abatage, qui devrait partout remplacer les échaudoirs actuels, définitivement condamnés.

M. de Loverdo montre, en effet, les multiples inconvénients de ces cases malsaines : prix d'installation plus élevé et surface plus grande (pour 30 bouchers et 1 200 têtes annuelles de bétail, il faut 720 m² avec les échaudoirs, alors qu'une halle commune de 126 m² suffirait) et conditions hygiéniques défectueuses par la difficulté des manipulations, l'impossibilité de surveillance effective et la malpropreté, parfois repoussante, résultant de l'espace restreint de chaque échaudoir.

La halle d'abatage qu'il préconise, et qui est adoptée partout à l'étranger, et une grande salle à deux travées, à points d'appui en fer ou fonte, et éclairée latéralement, avec jour prédominant du côté où il n'y a pas de soleil. A cette halle peuvent être adjoints des ateliers annexes (boyauderie, dépôt de viandes suspectes, bureaux de surveillants, etc.).

L'outillage de cette salle doit être entièrement mécanique, et M. de Loverdo montre de nombreux exemples de halles où les animaux, aussitôt abattus et dépecés, sont enlevés à l'aide de transporteurs aériens.

L'atelier de vidange vient ensuite. C'est là que doit être vidé l'appareil digestif enlevé de la halle aussitôt l'abatage. Il y a là, en effet, une cause importante d'insalubrité, du fait de la masse d'aliments incomplètement digérés contenus dans la panse, l'estomac et le tube digestif. En France, cet atelier est encore inconnu, et on jette le tout avec le

fumier, dans une cour cimentée, où ces matières fermentent à l'air libre.

L'atelier de vidange doit être établi sur un sous-sol auquel on arrive par une pente douce. Les voitures chargées d'enlever les matières descendent par cette rampe sous l'atelier, et, par des trappes ménagées dans le plancher, reçoivent ces résidus aussitôt la vidange faite.

De cet atelier, les viscères vont dans la triperie, où ils sont lavés et préparés.

Quant aux viandes, elles se rendent, en sortant de la halle d'abatage, dans l'atelier frigorifique, qui est comme le garde-manger de l'établissement et, vu son importance, constitue souvent une seconde usine annexée à la première.

Cet atelier est encore très peu connu en France.

C'est, en effet, dans le même échaudoir que se passe la série des opérations que nous venons d'énumérer, abatage, dépeçage, vidange, triperie, conservation des viandes, et il suffit de voir quelques photographies de ces cases, reproduites par M. de Loverdo, pour se rendre compte de la saleté qui en résulte inévitablement. L'auteur consacre une grosse partie de son ouvrage à l'étude de tous les détails de cette installation frigorifique, dont l'importance est capitale, et qui est extrêmement développée dans la plupart des abattoirs allemands.

Enfin cette section technique se complète par le bâtiment des machines, le château-d'eau, etc.

3° Section sanitaire. C'est l'hôpital de l'abattoir. Il doit comprendre les étables d'observation, une salle d'abatage avec atelier de vidange et triperie, une salle d'autopsie, une salle des saisies de viande, un laboratoire, etc.

Ce doit être, en somme, un petit abattoir dans le grand, et, bien entendu, aussi éloigné que possible de celui-ci.

L'ouvrage de M. de Loverdo se termine par une description des principaux abattoirs français et étrangers. La comparaison n'est malheureusement pas à l'avantage des premiers. Voici, en effet, de quelle façon il résume l'état actuel de ces établissements :

« Installation défectueuse au premier chef, des échaudoirs de bou-
» chers et charcutiers, où la saleté est répugnante.

» Etables mal aérées, construites en matériaux perméables (bois,
» etc.); porcheries souvent absentes, ou bien provoquant, à cause de leur
» manque de ventilation, de nombreux cas d'asphyxie (nouvelles por-
» cheries de l'abattoir de la Villette).

» Triperies malpropres, aussi mal agencées que ventilées.

» Ateliers de vidanges inconnus ; voiries formant de véritables foyers
» pestilentiels.

» Sol souvent perméable ; murs en très mauvais état.

» Insuffisance d'eau.

» Manipulations faites à l'aide de mains et de chiffons sales ; manque
» complet de moyens mécaniques modernes.

» Défaut presque absolu de chambres froides pour la conservation.
» l'amélioration et l'hygiène de la viande.

» Section sanitaire absolument inconnue ; inspection incomplète ;

» laboratoire et moyens d'investigations scientifiques nuls; appareils
» pour la stérilisation des viandes légèrement malades, absents ; ins-
» tallation pour la destruction des viandes malsaines, complètement
» inconnue.

» Egout collecteur de tous les éléments corruptibles, circulant, dans
» beaucoup d'établissements, à l'air libre. Epuration absente partout. »

Un mouvement important s'observe cependant depuis quelques années pour remédier à cette situation fâcheuse. Les nouveaux abattoirs qui se créent ou remplacent les anciens tiennent compte maintenant de tous les progrès qui ont été réalisés autour de nous, et, en particulier, l'abattoir d'Angers, dont la construction vient de commencer. Nous pouvons donc espérer qu'après avoir, il y a cent ans, créé un type d'abattoir dont d'autres pays ont su profiter, nous reviendrons à notre tour dans la voie du progrès et regagnerons le terrain perdu, grâce au courant d'idées qui se dessine et auquel l'ouvrage si intéressant de M. de Loverdo contribuera puissamment.

GEORGES COURTOIS.

Recueil de types de ponts pour routes, par Maurice KOECHLIN (1).

M. Kœchlin, dans son recueil, a groupé les calculs complets de huit types de ponts-routes les plus usuellement employés, ainsi que leurs métrés.

Il a su faire un choix judicieux de ces différents types, indiquant pour chacun sa caractéristique.

Il a en outre complété son recueil par l'insertion de moments d'inertie très précieux pour les calculateurs, ainsi que par le développement des formules servant au calcul du cisaillement longitudinal et à la rivure.

Un atlas représentant les études au 1/10 de ces huit types de ponts est adjoint à cet ouvrage intéressant, destiné par sa clarté à faciliter l'étude des projets à ceux qui s'en serviront comme guide.

LOUIS BAUDET.

IIe SECTION

Les bateaux automobiles, par J. FOREST, (2).

L'autorité de son auteur doit suffire à recommander cet ouvrage à tous ceux qu'intéresse l'application des moteurs à explosion à la propulsion des bateaux. C'est bien là en effet ce que couvre un titre que l'on ne saurait reprocher à l'auteur d'avoir adopté, puisque l'usage, qui

(1) In-8°, 250 × 165 de 306 p. avec 104 fig. et atlas 320 × 160 de 8 pl. Paris, Ch. Béranger, 1905. Prix : broché, 25 f.

(2) In-8, 255×165 de XIV-703 p. avec 692 fig. Paris, H. Dunod et E. Pinat, 1906. Prix broché : 25 francs.

en est fait couramment, le lui imposait, mais qu'il faut bien définir : car enfin, il s'en faut que le bateau dit automobile soit aux autres bateaux ce qu'est la voiture automobile aux voitures ordinaires.

Livre de vulgarisation (c'est ainsi que M. Forest lui-même le qualifie), cet ouvrage traite d'une industrie jeune encore, quoique le bateau ait précédé la voiture : la matière cependant est tellement vaste déjà que, pour être complet, l'auteur a dû se limiter à l'exposé rapide des diverses solutions apportées aux multiples problèmes que cette industrie a fait naître. C'est, en quelque façon, le Dictionnaire de la navigation automobile depuis ses origines jusqu'à l'époque actuelle : ensemble de documents qui sera infiniment précieux à tous ceux qui voudront continuer l'œuvre commencée.

Dans un historique longuement développé (173 pages), M. Forest passe en revue les applications successives des moteurs à explosion :

Par la marine militaire : aux canots, torpilleurs et sous-marins ;

Par la marine marchande : aux bateaux de transports et à voyageurs, bateaux de pêche et de service, remorqueurs, toueurs, faucardeurs, bacs, bateaux-pompes, bateaux de sauvetage ;

Par la navigation de plaisance : aux yachts, et canots de bossoirs, bateaux de course, racers et cruisers.

Deux cent vingt-quatre pages sont consacrées à une documentation très complète sur toutes les courses et épreuves diverses qui se sont succédées durant ces dernières années. C'est le place abondamment et légitimement faite à cette extraordinaire petite embarcation qui arrive à dépasser la vitesse des grands paquebots et dont la coque minuscule sait résister aux formidables efforts auxquels elle est soumise lors même qu'on ne l'envoie pas parcourir la haute mer qui n'est peut-être pas son domaine propre.

Une grande partie de l'ouvrage (200 pages) est naturellement attribuée à l'étude des moteurs, moteurs à essence ou à pétrole, à explosion, à combustion, voire à vapeur avec chaudière à production instantanée. L'auteur y étudie le moteur lui-même, les cycles divers, les moyens permettant de prolonger au mieux la détente, puis les dispositifs d'allumage, la carburation, la conduite et l'entretien et l'installation à bord. Il examine successivement toute la série des moteurs depuis la machine vite et extra-légère du cruiser jusqu'aux installations, encore à l'état de simples projets, de plusieurs milliers de chevaux ! De cette longue étude il dégage une définition du moteur marin ou pour mieux dire des moteurs marins (car, comme il le dit lui-même, « le moteur marin de la coque extra-légère n'est pas le moteur marin de la coque réellement marine ») qu'il estime devoir être du type pilon, largement polycylindrique, « capable d'actionner directement une hélice dont la surface soit en rapport avec la maitresse section immergée du bateau : — de passer de la vitesse maxima à la vitesse minima par la manœuvre d'un seul levier sans tâtonnement ni à l'allumage ni à la carburation ; de maintenir cette vitesse réduite pendant vingt-quatre heures et plus ; par la manœuvre inverse, de revenir à la vitesse maxima sans hésitation ni tâtonnements ; de varier de puissance et de vitesse par la variation des volumes de mélanges gazeux et non par la suppression du travail dans

un ou plusieurs cylindres; de développer le maximum de puissance au régime de compression normale, mais à volume réduit, produisant la détente prolongée et le refroidissement des gaz brûlés qui ne doivent jamais sortir enflammés. »

Les autres chapitres sont consacrés à un examen rapide des coques, des propulseurs et des changements de marche.

L'avenir verra-t-il se réaliser la prédiction par laquelle M. Forest conclut, à savoir que « c'est aux moteurs polycylindriques à gaz pauvre que reviendront les grands transports, à moins que l'inventeur ne découvre une source nouvelle d'énergie » ? Il est toujours délicat de prophétiser; du moins est-il infiniment vraisemblable que le moteur à explosion ou à combustion saura agrandir la place qu'il s'est faite déjà dans le domaine de la navigation, et que le lecteur accueillera avec intérêt le livre qui raconte ses premières applications.

A. B.

Agenda Dunod 1906 : *Chemins de fer*, par M. Pierre Blanc (1).

On trouve, dans la 28e édition de cet agenda, un historique des chemins de fer français, des renseignements sur les études préliminaires et sur les conditions d'établissement d'une ligne, des indications sur la résistance des trains, sur les types de locomotives et sur les questions relatives aux voitures et aux wagons, enfin un résumé des questions qui se rapportent à l'exploitation. La partie statistique comporte seize tableaux. Les lois et les conventions internationales sont également rappelées dans ce petit volume, qui donne en outre les tables et formules usuelles des aide-mémoires.

H. D.

Notre empire colonial africain. *De sa mise en valeur par l'utilisation des trains à propulsion continue (système Renard)*, par le lieutenant Gritty (2).

Dans cette brochure, M. le lieutenant Gritty, après avoir esquissé à grands traits l'histoire de notre empire africain, étudie les productions des différentes régions, productions qui sont loin d'être négligeables et sur lesquelles il donne une quantité de renseignements très intéressants. Il constate malheureusement que le développement économique, est entravé par le coût et la difficulté des transports. L'auteur, qui connaît bien tous ces pays, propose, pour y remédier, d'employer les trains automobiles du colonel Renard; on aurait ainsi des frets réduits et l'Algérie redeviendrait le débouché naturel des produits du Soudan. En même temps, grâce à la plus grande sécurité, la colonisation pourrait prendre un rapide essor dans ces régions dont quelques-unes sont fort riches.

H. C.

(1) In-16, 150 × 95 de xx-305-lxiv pages. Paris, H. Dunod et E. Pinat, 1906. Prix : relié, 2,50 f.

(2) In-8°, 190 × 120 de viii-101 p. avec une carte. Paris, H. Dunod et E. Pinat, 1906. Prix : broché, 2 f.

IIe SECTION

Conditions et essais de résistance des pistons des machines à vapeur, par C. Codron, Ingénieur civil, professeur à l'Institut Industriel du Nord de la France (1).
(Extrait de la *Revue de Mécanique*, années 1903, 1904 et 1905.)

M. Codron dans une étude magistrale, partant des formules actuellement en usage pour le calcul des pistons des machines à vapeur et autres, et particulièrement de celles de M. Pourleur publiées dans le no 1, tome LVII de la *Revue universelle des Mines et de la Métallurgie*, formules qui ne tiennent pas compte des réactions circulaires développées dans tout le corps du piston, réactions moléculaires qui sont les caractéristiques essentielles des plaques circulaires fléchies, et qu'on ne saurait négliger surtout quand on recherche la fatigue maximum dans la section cylindrique d'encastrement, établit de nouvelles formules en tenant compte de ces réactions et montre par des exemples de pistons existants soumis à la presse, pour en obtenir la rupture, la concordance entre ses formules et les dimensions que la pratique a consacrées. La partie relative à ces essais est des plus instructives, tant au point de vue opératoire qu'à celui des résultats obtenus, indiquant clairement les dispositifs à adopter pour la construction des pistons et ceux à éviter.

De nombreux diagrammes et de nombreuses photographies des pistons soumis aux essais complètent cette très intéressante partie de l'ouvrage de M. Codron.

Enfin, comme complément, l'auteur considère l'équilibre et la résistance des réservoirs à fond tronconique qui ont donné lieu à beaucoup de mécomptes, par suite de l'insuffisance des formules servant à les calculer, insuffisance justifiée par des considérations dont les constructeurs de ces appareils feront bien de s'inspirer pour en tirer profit.

H. B.

Les **turbines à vapeur**, par A. Stodola, professeur à l'École Polytechnique de Zurich, traduit d'après la troisième édition allemande par E. Hahn, Ingénieur, Directeur du Laboratoire de mécanique appliquée de l'Université de Nancy.

L'ouvrage de M. A. Stodola, professeur à l'École Polytechnique de Zurich, sur les turbines à vapeur est devenu en quelque sorte classique.

La première édition allemande date de 1903, et n'était guère

(1) In-4°, 315×225 de 163 p. avec 287 fig. Paris, H. Dunod et E. Pinat, 1906. Prix broché 7 fr. 50.

(2) In-8°, 255×165 de XXIV-633 p. avec fig. et 7 pl. Paris, H. Dunod et G. Pinat, 1906, prix broché 25 francs.

formée que de la série d'articles publiés dans la *Zeitschrift des Vereines Deutscher Ingenieure*, avec quelques additions.

L'édition suivante et surtout la troisième se sont enrichies de travaux théoriques et de renseignements pratiques qui ne figuraient pas dans la première édition. La dernière résume en quelque sorte les travaux publiés sur la théorie et la construction des turbines à vapeur, et c'est à peu près le seul ouvrage où soient réunis et coordonnés en corps de théorie les divers travaux déjà publiés sur les turbines à vapeur ; travaux qui ne visaient d'ailleurs que des points spéciaux ou des applications particulières de la turbine à vapeur.

La traduction qu'en présente aujourd'hui, M. Hahn, Directeur du Laboratoire de mécanique appliquée de l'Université de Nancy, permettra aux Ingénieurs peu familiers avec la langue allemande de prendre connaissance de cet important ouvrage, dans lequel la partie théorique est complétée par l'étude des différents systèmes de turbines à vapeur, et spécialement de celles qui se construisent en Allemagne et en Suisse.

La partie théorique est notablement plus développée que dans les ouvrages similaires, M. Stodola pensant avec raison que la connaissance des théories régissant les phénomènes qui se produisent dans les turbines à vapeur, est indispensable pour éviter les écoles et les mécomptes coûteux.

Il estime cependant que la théorie seule n'est pas suffisante pour l'étude des turbines, et qu'elle doit être vérifiée par la pratique qui, dans certains cas, a permis de résoudre empiriquement certaines questions devant lesquelles la science restait impuissante.

La théorie des turbines à vapeur est d'ailleurs encore bien incomplète, car, si on connait à peu près les lois de l'écoulement de la vapeur à travers des tuyères et canaux fixes de formes géométriques et de proportions déterminées, on ne connait pas de méthode précise permettant d'étudier les perturbations qu'apporte à cet écoulement l'état de mouvement des canaux que traverse la vapeur. Chaque constructeur a des coefficients empiriques qu'il garde jalousement, car ils représentent des essais nombreux et des dépenses considérables.

M. Stodola a bien essayé, dans une série d'expériences très intéressantes, de déterminer l'influenee qu'exerce la présence d'aubages sur l'écoulement de la vapeur, mais il s'agissait d'aubes fixes. Aussi, si ces expériences ont donné des indications utiles, elles ne donnent pas d'enseignements directement applicables à la construction.

Dans son ouvrage, M. Stodola, après avoir étudié la théorie élémentaire de la turbine à vapeur, supposée parfaite, c'est-à-dire sans résistances passives, examine l'influence des diverses résistances opposées à l'écoulement de la vapeur, de sorte que les deux premiers chapitres forment un résumé de la théorie de la turbine à vapeur.

Dans le chapitre suivant, il étudie les équations fondamentales de la thermo-dynamique au point de vue de leur application à la turbine à vapeur, les lois de l'écoulement de la vapeur, les transformations de l'énergie dans les diverses classes et les divers types de turbines, et enfin le frottement de la vapeur contre les aubages.

A la fin du chapitre, il traite des représentations graphiques des évolutions thermiques de la vapeur d'eau qui peuvent simplifier d'une manière très appréciable et avec une approximation suffisante pour la pratique, les calculs à exécuter dans l'étude d'une turbine.

Il passe ensuite aux détails de construction des pièces principales des turbines en indiquant les méthodes de calcul les plus appropriées à chacune d'elles et en appuyant ces méthodes d'exemples choisis dans des turbines existantes. Il s'étend spécialement sur la distribution des forces dans les roues et les arbres soumis, du fait de leur grande vitesse de rotation, à des efforts considérables, et indique les méthodes à suivre pour éviter les flexions et le contact intempestif des pièces mobiles et des pièces fixes qui en est la conséquence.

Le cinquième chapitre est consacré à l'étude des divers systèmes de turbines et à leurs détails de constructions ainsi qu'à la comparaison des turbines à vapeur avec les machines alternatives.

Le sixième chapitre étudie certains problèmes spéciaux de la théorie et de la construction des turbines à vapeur qui demandent un développement mathématique.

Enfin, dans le dernier chapitre, M. Stodola envisage l'avenir des machines thermiques, étudie les propositions récentes pour l'amélioration de leur rendement et termine par une étude succincte de la turbine à gaz.

Comme on le voit, le cadre de l'ouvrage de M. Stodola est très vaste et très complet, et ceux qui veulent étudier en détail la théorie et la construction des turbines y trouveront des renseignements précieux.

M. Hahn a donc fait œuvre véritablement utile en le mettant à la portée de ceux qui ne peuvent en prendre connaissance dans le texte original.

G. Hart.

IVe SECTION

Les argiles réfractaires, par le Professeur docteur Carl Bischof (1).

L'ouvrage du docteur Carl Bischof, traduit de l'allemand par M. l'Ingénieur en chef des Ponts et Chaussées Chemin, traite d'une manière complète la question des argiles et produits réfractaires.

Cette étude, très détaillée aux points de vue scientifique et pratique, des matériaux et de leur traitement, s'appuie sur une connaissance parfaite de la question, et des progrès imprimés à cette branche de l'industrie par les travaux de l'auteur lui-même, ou des nombreux savants qu'une abondante bibliographie rappelle et met à contribution.

A chaque pas, les conseils d'un expérimentateur éprouvé, d'un savant doublé d'un praticien, viennent augmenter la valeur du livre et son intérêt.

(1) In-8°, 250 × 165 de 604 p. avec 93 fig. Paris, H. Dunod et E. Pinat, 1906. Prix : broché, 18 f.

Après quelques pages consacrées à une revue rapide des gisements et de l'exploitation de l'argile, le docteur Bischof nous rappelle les principes de la chimie des constituants, silice et alumine, et nous donne, sur leur action réciproque, sur le rôle des fondants, sur le calcul du quotient de réfractairité, les notions qui forment la base du bagage scientifique des fabricants de produits réfractaires.

Nous passons ensuite, avec l'auteur, à l'examen et aux moyens d'examen des matières premières.

C'est l'étude très importante, très détaillée, et souvent très personnelle et inédite de tous les modes d'investigation, par lesquels on s'est efforcé de déterminer la valeur des argiles, de les comparer, de les classer, de les définir.

Chaque essai, physique, chimique ou pyrométrique, est décrit et commenté par l'auteur dont les recommandations judicieuses et précises seront du plus grand prix pour tous ceux qui ont à faire de telles études.

L'analyse par lévigation, la détermination du liant, de la malléabilité, de la porosité, du retrait, les différentes analyses chimiques, les méthodes pyrométriques sont successivement exposées et discutées aux points de vue de l'exécution comme de l'importance pratique des données obtenues.

Les argiles normales sont étudiées ensuite, avec la classification qu'elles permettent et qui, améliorée et complétée par l'auteur, s'est beaucoup répandue principalement en Allemagne.

Abordant le côté industriel de la question, le chapitre suivant est consacré au traitement de l'argile et de ses additions. Les différentes opérations, les appareils, l'action des matières d'addition sont examinés avec leurs propriétés, leurs avantages respectifs, les conditions à remplir pour en obtenir le meilleur résultat.

L'ouvrage se termine enfin sur une étude des applications de l'argile et des pierres réfractaires.

Les fabrications si complexes et si variées qui entrent sous une telle rubrique sont examinées à la lumière d'une expérience consommée.

Les conditions à exiger de l'argile et des pierres réfractaires, chamottes, dinas, grès, mélanges divers, les traitements à leur faire subir, leurs propriétés relativement aux divers usages, sont successivement exposés et développés ainsi que l'élaboration des innombrables produits, briques, blocs, créusets, moufles, cornues, pots, etc., qui ressortissent à cette industrie.

L'ouvrage est utile et instructif à un haut degré et ceux qui emploient ou fabriquent des matériaux réfractaires y trouveront une source de renseignements et d'indications pratiques.

Pour eux surtout, la publication de la traduction française est véritablement une bonne fortune.

Ve SECTION

Les industries de la conservation des Aliments,
par M. Xavier Rocques (1).

Après avoir consacré un chapitre à l'historique de la question, et un autre aux causes et effets de l'altération des substances alimentaires (phénomènes de putréfaction), l'auteur passe successivement en revue tous les moyens que la science met à notre disposition pour la conservation des aliments.

En premier lieu, il examine l'emploi de la chaleur, c'est-à-dire toute l'industrie des conserves en boîtes, légumes, fruits, viandes, poissons, lait.

La conservation par le froid, procédé plus récent, présente de nombreux avantages que l'auteur fait judicieusement ressortir. Le goût et les qualités naturelles des aliments sont entièrement respectés dans les procédés frigorifiques.

La dessiccation, très pratique et très usuelle pour les fruits, est encore utilisée avantageusement pour la viande, le poisson, les légumes et même le lait.

Enfin il y a la conservation par les antiseptiques, au nombre desquels le sel, le sucre, l'alcool et le vinaigre, pratiqués de tout temps, sont à l'abri de toute critique au point de vue hygiénique. Des réserves formelles de principe doivent être faites au contraire contre l'emploi de certains antiseptiques énergiques tels que les fluorures, l'eau oxygénée, le formol, l'acide salicylique, le borax, certains gaz, etc.

Un dernier chapitre est consacré à la question particulièrement intéressante de la conservation des œufs.

En somme, cet ouvrage, très bien documenté et écrit par un chimiste des mieux attitrés pour faire autorité en la matière, est une monographie bien complète qui sera consultée avec fruit par tous les industriels et les commerçants, qui à un titre quelconque s'occupent de l'alimentation humaine.

E. B.

Notions fondamentales de chimie organique, 2e édition, par M. Ch. Moureu, professeur agrégé à l'École supérieure de Pharmacie de l'Université de Paris (2).

Dans cet ouvrage, l'auteur expose les principales théories actuelles de la chimie organique et l'étude sommaire et très générale des fonctions les plus importantes. Toutes les questions de détail ou d'intérêt secondaire ayant été volontairement écartées, ce livre doit être, en quelque sorte, la charpente, la trame même de nos connaissances en chimie organique.

(1) In-8°, 220 × 135 de xi-506 p. avec 114 fig. Paris, Gauthier-Villars, 1906. Prix : relié, 15 f.
(2) In-8°, 225 × 145 de vi-320 p. Paris, Gauthier-Villars, 1906. Prix : broché, 7,50 f.

Ouvrir l'esprit de l'élève en l'initiant graduellement au mécanisme des transformations de la matière et en lui présentant les grandes lignes de la science avec le relief qui leur convient, le préparer ainsi à suivre avec fruit un *Cours complet* et à faire un usage profitable des *Traités* proprement dits, tel est le but poursuivi par la publication de cet ouvrage.

Les étudiants des Facultés des sciences, ceux de l'École de Pharmacie, les élèves de l'École Polytechnique et de l École Centrale, et tous ceux qui veulent entreprendre l'étude de la chimie organique, trouveront dans cet ouvrage une base solide pour leurs études.

Dans cette deuxième édition, l'auteur a complété les divers chapitres en traitant des principaux travaux d'ordre général qui ont vu le jour dans ces dernières années.

F. C.

L'Ozone, par Émile Guarini, professeur à l'Ecole des Arts et Métiers de Lima (Pérou) (1).

Dans cette petite brochure, on trouve un résumé très complet sur la production de l'ozone et son emploi industriel. L'utilisation de l'ozone date de quelques années seulement : on peut prévoir le jour où sa production économique, grâce à la houille blanche, augmentera ou rendra pratique son application à la stérilisation de l'eau, non seulement pour l'alimentation des villes, mais encore pour les applications industrielles de l'eau stérilisée (alcool, beurre, etc.). On a utilisé l'ozone à vieillir le vin et l'eau-de-vie, pour l'épuration des jus sucrés, pour le blanchiment de l'amidon et des tissus ; pour ces derniers son emploi est tout indiqué : il remplacera avec avantage le chlore, l'acide sulfureux, et même l'eau oxygénée ; l'usage de cette dernière avait déjà eu pour effet de protéger le personnel contre l'action toxique du chlore ou de l'acide sulfureux.

Paul Besson.

La réglementation du travail dans l'industrie, par L. Grillet, Inspecteur du Travail dans l'Industrie (2).

Ce volume forme le second d'une série. Nous avons eu l'occasion de dire, au commencement de l'année, tout le bien que nous pensions du premier volume, *la Législation des Accidents du Travail.* A l'heure qu'il est, les lois concernant le travail viennent modifier à chaque instant les conditions industrielles, il est nécessaire de connaître les droits et les devoirs qui incombent aux chefs d'exploitation. Ce sont les règlements sur la durée du travail, le travail de nuit, les dérogations permises, les prescriptions du contrôle, les pénalités, etc. Il est à prévoir qu'avec la création d'un Ministère du Travail, le nombre des lois et règlements le

(1) In-8°, 235 × 155 de 24 p. avec 9 fig. Paris, H. Dunod et E. Pinat, 1906. Prix : 2 f.

(2) In-8°, 190 × 120 de 172 p. Paris, Gauthier-Villars ; Masson et Cie, 1906. Prix : broché, 2,50 f.

concernant vont augmenter chaque jour. Nous ne pouvons que souhaiter que M. Grillet continue à nous montrer les devoirs qui incombent aux chefs d'industrie, mais, par contre, les droits qu'ils possèdent. Il ne faut pas qu'une réglementation tracassière et étroite tire d'une loi, dont le principe est juste, une sorte de tyrannie outrancière rendant telle ou telle industrie impossible au plus grand préjudice du capital et des ouvriers au profit desquels la loi peut avoir été faite. Il ne suffit pas que la loi soit votée pour que les conditions matérielles se plient à ses obligations, il faut, au contraire, que la loi se plie aux conditions de la pratique, et qu'elle ne soit pas simplement le résultat de l'idéologie.

Paul Besson.

Cours progressif de sténographie, système Prévost-Delaunay, par J. Zryd, conducteur des Ponts et Chaussées, professeur de l'Association polytechnique (1).

Le cours progressif de sténographie de M. Zryd a pour but de mettre les lecteurs à même d'étudier et de pratiquer un système des plus répandus en France et dans les autres pays de langue française.

L'on y constate que, par la logique et la rigueur de ses règles, le système Prévost-Delaunay ou de l'Association sténographique unitaire, tout en permettant d'atteindre à la rapidité indispensable, assure la lecture facile et mutuelle des textes, en agrandissant ainsi le champ d'action de l'art abréviatif. La sténographie n'est plus, en effet, considérée aujourd'hui comme limitée à la fixation des improvisations, à la reproduction des débats parlementaires ou judiciaires; depuis un certain temps déjà, la sténographie commerciale a acquis droit de cité, et le dernier mot n'est pas dit, car c'est peut-être par son emploi dans la rédaction des notes personnelles, brouillons, minutes, la correspondance entre adeptes, et partout où l'écriture usuelle n'est pas rigoureusement indispensable, que la sténographie rendra le plus de services à la généralité.

Dans cet ouvrage pratique, l'étude de chaque série de signes, de chaque règle, est suivie d'exemples d'écriture sténographique (mots isolés, petites phrases), avec d'autres mots ou phrases donnés à traduire et de versions graduées, cet ensemble conduisant pas à pas, pour ainsi dire, à la connaissance complète du système. L'ouvrage constitue, en somme, une méthode complète permettant d'aborder la pratique avec toute l'assurance nécessaire.

P. B.

Dictionnaire des termes techniques employés dans les sciences et dans l'industrie. — Recueil de 25 000 mots techniques avec leurs différentes significations, par Henry de Graffigny, avec préface de Max de Nansouty (1).

Le vocabulaire des termes techniques s'enrichit tous les jours et les synonymes y abondent. M. de Graffigny a cherché à rassembler ces

(1) In-8°, 190 × 125 de 198 p. Paris, H. Dunod et E. Pinat, 1906. Prix : 2 f.

(1) In-16, 190 × 130 de x-840 p. Paris, H. Dunod et E. Pinat, 1906. Prix : broché, 12,50 f.

mots qu'on ne trouve pas, en général, tous dans le dictionnaire de la langue française et que, seuls, les spécialistes connaissent pour les employer chaque jour. Ce dictionnaire spécial renferme 25 000 mots avec leur définition, c'est assez dire le travail considérable qu'a demandé à l'auteur une œuvre aussi copieuse; il est presque impossible que dans cette première édition il n'y ait quelques lacunes ou quelques définitions incomplètes. Mais M. de Graffigny compte sur la collaboration de ses secteurs spécialistes pour lui venir en aide et il est certain que ces derniers ne peuvent que le remercier du service qu'il leur a rendu.

P. B.

VIe SECTION.

L'équilibre des fils électriques. — Conditions de pose, par Auguste Pillonel, Chef de téléphone à Martigny (1).

Afin d'indiquer clairement aux Ingénieurs et aux constructeurs intéressés comment doit être traitée la question d'établissement et de sécurité des lignes aériennes électriques, M. A. Pillonel, Chef de téléphone de l'Administration des Télégraphes Suisses, a publié dans les numéros 1 à 17 de 1906 de l'*Elektrotechnische Zeitschrift*, une étude détaillée de l'équilibre des fils électriques et de leurs conditions de pose.

Cette étude à la fois graphique, analytique et pratique donne des indications précises et intéressantes au sujet du calcul des conducteurs, des lignes de niveau et des lignes inclinées.

Ces dernières étant très nombreuses en Suisse, l'auteur s'est efforcé de donner à ce sujet des calculs inédits.

L'ouvrage est divisé en dix chapitres qui sont les suivants :

I. — Courbe dessinée par le fil. — Considérations tirées de la statique graphique.

II. — L'équation de la chainette.

III. — Substitution de la parabole à la chainette.

IV. — Éléments et propriétés de la chainette.

V. — Élasticité du conducteur.

VI. — Surcharge du fil.

VII. — Action de la température.

VIII. — De la tension de pose.

IX. — Des contacts des fils.

X. — Considératione finales.

Dans les trois premiers chapitres, M. Pillonel recherche graphiquement d'abord, analytiquement ensuite, les propriétés de la chainette quant au poids, à la tension et à la flèche. Puis il assimile la chainette à un arc de parabole et démontre l'identité des résultats obtenus.

Il passe dans les six chapitres suivants à l'examen théorique et pratique des conditions d'établissement des lignes.

(1) In-4°, 345×245 de 29 p. avec 21 fig. Paris, H. Dunod et E. Pinat, 1906. Prix broché 2 francs.

Il donne des coefficients pratiques et des règles générales à suivre.

Dans le dernier chapitre, il indique dans quelle voie il y a lieu de poursuivre les recherches. Il incite les Ingénieurs compétents à se rendre compte de la densité du givre, du verglas, de la neige et enfin de l'influence du vent qui sont les principales causes des surcharges des lignes.

Cette étude très intéressante semble plutôt s'appliquer à des lignes électriques établies sur des terrains accidentés.

Elle n'en contient pas moins des renseignements utiles pour les Ingénieurs appelés à diriger des travaux de cette nature même en pays plat. Ce qui parait principalement susceptible de fixer l'attention, ce sont les indications pratiques que contient cette étude, indications à la portée de tous et plus faciles à suivre pendant la période d'exécution, que la série de calculs que nous y trouvons : ceux-ci sont d'un emploi bien difficile, pour ne pas dire impossible, pour les ouvriers qui exécutent de tels travaux comme pour l'Ingénieur qui les dirige.

E. S.

État actuel des industries électriques. — (Conférences faites sous les auspices de la Société française de Physique et de la Société d'Encouragement pour l'Industrie Nationale. — Avril-Juin 1905). (1)

M. Janet a inauguré cette série intéressante de conférences par un exposé des tendances et des recherches actuelles de l'Electrotechnique. Il examine successivement et sommairement, les génératrices à courant continu et à courant alternatif, les problèmes de couplage et de compoundage et de la destruction des harmoniques dans les alternateurs, puis les moteurs qui actionnent ces génératrices. Il passe ensuite au transport de l'énergie électrique sous ses différentes formes, d'après la nature et la tension du courant. Puis l'utilisation de cette énergie est examinée sous la forme mécanique avec les différents types de moteurs à courant continu, moteurs synchrones et asynchrones à courants alternatifs polyphasés, moteurs à courant alternatif monophasé à collecteurs. Enfin le conférencier analyse l'évolution actuelle de l'utilisation de cette énergie pour l'éclairage.

M. Chaumat vient ensuite faire connaitre les progrès récents de l'électrochimie. Il explique les raisons d'ordre général qui ont provoqué un essor rapide de certaines industries électrochimiques, puis il s'étend sur les applications du four électrique qui a été la source des principaux progrès.

M. Picou expose les principes généraux suivis dans la construction des dynamos à courant continu. L'art de l'Ingénieur consiste dans la mise en œuvre des formules fondamentales en tenant compte de l'application qu'il a en vue pour la machine. Le calcul s'appuie d'ailleurs sur des données empiriques qui impliquent les conditions de bonne com-

(1) In-8°, 255 × 165 de IV-247 p. avec 78 fig. Paris, Gauthier-Villars, 1906. Prix broché : 5 fr.

mutation. Les courbes dites caractéristiques permettent de se rendre compte de la valeur de la machine.

M. Hillairet étudie les différents types de moteurs électriques, tant à courant continu qu'à courants alternatifs, et donne une description de chacun d'eux avec leurs avantages et leurs inconvénients. Il analyse les procédés de mise en marche, de freinage électrique et de distribution. Il indique aussi comment il est facile de se rendre compte des avantages de transmissions électriques sur les transmissions mécaniques suivant les cas, dans lès ateliers.

M. Jumau étudie au point de vue général le fonctionnement de l'accumulateur, puis il donne de nombreux renseignements pratiques sur l'accumulateur au plomb. Il passe en revue les autres éléments qui ne sont pas à base de plomb. Il termine en indiquant la voie dans laquelle on peut espérer améliorer le rendement des accumulateurs.

M. Boucherot a fait un exposé très documenté de la construction des alternateurs. Il insiste sur les difficultés rencontrées dans le couplage de ces machines et sur les procédés mis en œuvre par les constructeurs pour s'y soustraire. Il résume enfin les dispositifs adoptés jusqu'ici pour le compoundage des alternateurs.

M. Weiss s'est proposé de mettre en relief les progrès récents de l'éclairage électrique. Il rappelle d'abord les lois de rayonnement, et expose, pour chacun des systèmes d'éclairage qu'il examine ensuite, en quoi son mode de fonctionnement s'y rapporte. Il décrit aussi les lampes à incandescence à filament de carbone, puis à filaments d'osmium, de tantale, la lampe Nernst, les lampes à arc ordinaire et en vase clos, enfin l'arc au mercure. C'est maintenant du côté de la luminescence qu'il escompte le plus de progrès.

Enfin M. G. De La Touanne expose les progrès réalisés successivement dans les postes téléphoniques d'abonnés, dans les postes centraux et dans la constitution des lignes. Il indique comment les multiples ont permis de donner satisfaction à un développement si rapide de la clientèle, et comment on peut espérer satisfaire encore mieux cette dernière au moyen des postes centraux automatiques.

Ces différentes études, présentées sous une forme parfaite et par des Ingénieurs dont la compétence est bien connue, constituent un document historique tout particulièrement intéressant.

E. S.

Le Secrétaire Administratif, Gérant,

A. de Dax.

IMPRIMERIE CHAIX, RUE BERGÈRE, 20, PARIS. — 16560-12-06. — (Encre Lorilleux).

MÉMOIRES

ET

COMPTE RENDU DES TRAVAUX

DE LA

SOCIÉTÉ DES INGÉNIEURS CIVILS DE FRANCE

BULLETIN

DE

DÉCEMBRE 1906

N° 12.

OUVRAGES REÇUS

Pendant le mois de décembre 1906, la Société a reçu les ouvrages suivants :

Agriculture.

Laval (M.-V.). — *Traité complet des maladies du vin. Procédés de guérison ou d'amélioration, suivis d'une Étude sur les maladies cryptogamiques de la vigne et de leur traitement*, par M.-V. Laval (in-8°, 280 × 180 de vi-143-v p.). Oran, Joseph Solal, 1906. (Don de l'auteur, M. de la S.) 44657

Chemins de fer et Tramways.

Biadego (G.-B.). — *I grandi Trafori Alpini. Fréjus, San Gottardo, Sempione ed altre gallerie eseguite a perforazione meccanica*, del Ing. G.-B. Biadego (in-8°, 240 × 165 de xv-1228 p., avec atlas même format de 30 pl.). Milano, Ulrico Hoepli, 1906. 44666 et 44667

Biard (E.) et Mauclère (G.). — *Note sur l'Éclairage au gaz à incandescence des voitures à voyageurs, d'après les résultats obtenus à la Compagnie des Chemins de fer de l'Est*, par MM. E. Biard et G. Mauclère (Extrait de la Revue générale des Chemins de fer et des Tramways, Numéro d'Octobre 1906) (in-4°, 320 × 225 de 28 p., avec fig.). Paris, H. Dunod et E. Pinat, 1906. (Don de M. E. Biard, M. de la S.). 44656

Statistique des Chemins de fer français au 31 decembre 1904. Documents principaux (Ministère des Travaux publics. Direction des Chemins de fer) (in-4°, 315 × 240 de vi-569 p.). Melun, Imprimerie administrative, 1906. 44673

Chimie.

Berthelot. — *Traité pratique de l'analyse des gaz*, par M. Berthelot (in-8°, 255 × 165 de xii-481 p., avec 109 fig.). Paris, Gauthier-Villars, 1906. (Don de l'éditeur.)

Hatt (W.-K.). — *Instructions to Engineers of Timber Tests*, by W. Kendrick Hatt (U. S. Department of Agriculture. Forest Service. Circular 38) (in-8°, 230 × 145 de 55 p., avec fig.). Washington. 1906. (Don de l'U. S. Department of Agriculture.) 44660

Construction des Machines.

Achenbach (A.). — *Die Schiffsschraube*, von Albert Achenbach. *II. Teil. Ihre konstruktive Durchbildung mit einem Anhang Der Schraubenantrieb der Motorboote* (in-8°, 240 × 165 de 152 p., avec 20 pl. et 18 tabl.). Kiel, Verlag von Robert Cordes, 1906. (Don de l'éditeur.) 44670

Électricité.

Graffigny (H. de). — *Manuel de l'Apprenti et de l'Amateur Électricien. Cinquième partie. L'Éclairage électrique dans l'appartement et dans la maison*, par M. H. de Graffigny (Bibliothèque des Actualités industrielles. N° 123) (in-16, 180 × 125 de 131 p., avec fig. 318 à 385 et 4 plans de pose en couleurs). Paris, Bernard Tignol. (Don de l'éditeur.) 44671

Enseignement.

R. Uinversità Romana. Scuola d'Applicazione pergl' Ingegneri. Annuario per l'anno scolastico 1906-1907 (in-16°, 145 × 105 de 130 p.). Roma, D. Battarelli, 1906. 44662

Mines.

Dégoutin (N.). — *Étude pratique des minerais aurifères, principalement dans les colonies et les pays isolés*, par N. Dégoutin (Extrait du Bulletin de la Société de l'Industrie minérale. Quatrième série. Tome V, 3e et 4e livraisons 1906) (in-8°, 230 × 145 de 281 p., avec 19 fig.). Saint-Étienne, J. Thomas et Cie, 1906. (Don de l'auteur.) 44674

Navigation aérienne, intérieure et maritime.

Bulletin de l'Association technique maritime. N° 17. Session de 1906 (in-8°, 270 × 175 de LXXXXI-385 p., avec fig. et IX pl.). Paris, Gauthier-Villars, 1906. 44658

FERRAND (C.). — *Les avaries de combat pendant la guerre Russo-Japonaise*, par M. C. Ferrand (Extrait du Bulletin de l'Association technique maritime, N° 17. Session de 1906) (in-8°, 285 × 185 de 42 p.). Paris, Gauthier-Villars, 1906. (Don de l'auteur.) 44663

Physique.

COLOMER (F.) ET LORDIER (CH.). — *Combustibles industriels. Houille. Pétrole. Lignite. Tourbe. Bois. Charbon de bois. Agglomérés. Coke*, par MM. Félix Colomer et Charles Lordier. Seconde édition, revue et augmentée (in-8°, 255 × 165 de 567 p., avec 185 fig.). Paris, H. Dunod et E. Pinat, 1906. (Don des éditeurs.) 44665

NANSOUTY (M. DE). — *Au Feu*, par Max de Nansouty. *Chaleur. Lumière. Chauffage. Éclairage. Les dangers d'incendie. Comment les prévenir* (Collection Industria) (in-8°, 180 × 120 de 190 p.). Paris, J. Dumoulin et Cie. 1907. (Don de l'éditeur.) 44659

Travaux publics.

Annuaire des Conducteurs et Commis des Ponts et Chaussées et des Contrôleurs des Mines. Personnel des Travaux publics, 1907. Soixante et unième annee (Annales des Conducteurs des Ponts et Chaussées, 61e année. N° 22. Novembre 1906) (in-8°, 215 × 135 de 304 p.). Paris, Société des Publications périodiques de l'Imprimerie Paul Dupont. 44669

Annuaire du Personnel du Ministère des Travaux publics, des Postes et des Télégraphes, 1906 (Association des Personnels de Travaux publics, Ingénieurs-Auxiliaires, Sous-Ingénieurs, Conducteurs, Contrôleurs et Commis des Ponts et Chaussées, des Mines et de l'Hydraulique agricole) (in-8°, 215 × 235 de 12-844 p.). Paris, Association des Personnels de Travaux publics; E. Bernard. 44672

BERGÈS (P.-A.). — *Règlements municipaux de distribution d'eau. Compteurs et limitation automatique du débit*, par M. P. Aristide Bergès (Extrait du Journal Le Génie Civil) (in-8°, 240 × 155 de 107 p., avec 68 fig.). Paris, Publicatious du Journal Le Génie Civil, 1906. (Don de l'auteur, M. de la S.) 44661

D[illegible]NT (J). — *Proposition ayant trait au transfert de la Galerie des Machines*, présentée par M. Joseph Dupont, Conseiller général (Conseil général de la Seine, 1906) (in-4°, 260 × 205 de 5 p., avec 1 pl.). Hôtel de Ville, Imprimerie municipale, 1906. (Don de l'auteur.)

MEMBRES NOUVELLEMENT ADMIS

Les Membres nouvellement admis pendant le mois de décembre 1906 sont :

Comme Membres Sociétaires Titulaires, MM. :

A. Carrié,	présenté par MM.	Cottavoz, E. Soupey, H. V. Soupey.
R. T. A. de Chazal,	—	E. Harlé, Bochet, H. Harlé.
L. Delautre,	—	Cartier, G. Gaultier, Wehrlin.
J. Groselier,	—	L. Masson, J. Collin, Fougerolle.

RÉSUMÉ

DES

PROCÈS-VERBAUX DES SÉANCES

DU MOIS DE DÉCEMBRE 1906

PROCÈS-VERBAL

DE LA

SÉANCE DU 7 DÉCEMBRE 1906

Présidence de M. A. Hillairet, Président.

La séance est ouverte à 8 heures trois quarts.

Le procès-verbal de la précédente séance est adopté.

Il est donné lecture d'une lettre de M. Herdner, relative au mémoire qui a paru dans le Bulletin de septembre dernier sur « Les locomotives à l'Exposition de Liége ». Cette lettre est ainsi conçue :

« Monsieur le Président,

» Dans mon mémoire sur « Les locomotives à l'Exposition de Liége », » à l'article consacré aux altitudes dangereuses, j'ai formulé des con- » clusions basées sur une application numérique, au cours de laquelle » deux cotes ont été confondues. Les conclusions sont hors de cause, » mais, pour lever tous les doutes à cet égard, il m'a paru indispensable » de faire état d'un phénomène dont j'avais cru pouvoir me dispenser » tout d'abord de calculer les effets. Ce phénomène, encore peu connu, » est celui des déplacements que subissent les axes du roulis et du » galop, sous l'influence des frottements intérieurs des ressorts de » suspension.

» Les modifications nécessaires n'ont été faites en temps utile que » sur les épreuves du tirage à part. Mais il sera distribué, avec le » Bulletin d'octobre, une fiche destinée à être collée sur la page 379 » du Bulletin de septembre.

» Je vous serais reconnaissant, Monsieur le Président, de bien » vouloir appeler l'attention des Membres de la Société sur cette rectifi- » cation.

» Veuillez agréer, etc., etc.

» A. Herdner. »

M. le Président a le regret de faire connaître le décès de MM. :

J.-J. de Mattos, Membre d'Honneur de la Société depuis 1883, Général de division, ancien Président de la Société des Ingénieurs portugais, Inspecteur général et Membre du Conseil supérieur des Travaux publics et Mines du Portugal ;

A. Baumann, ancien Élève de l'École d'Arts et Métiers de Châlons (1869), Membre de la Société depuis 1873. A été Ingénieur en chef du Matériel et de la Traction de la Compagnie française des Chemins de fer Argentins et de la Province de Santa-Fé, Ingénieur civil et industriel ;

A. Fleury, ancien Élève de l'École Centrale (1870), Membre de la Société depuis 1889, Teinturier à Villeneuve-la-Garenne ;

A. Howatson, Membre de la Société depuis 1900, Ingénieur, épuration, filtration et stérilisation des eaux ;

Ch. Jeanteaud, Membre de la Société depuis 1875, Chevalier de la Légion d'Honneur, Constructeur de voitures électriques ;

E.-W. Windsor, Membre de la Société depuis 1889, Chevalier de la Légion d'Honneur, ancien Président du Tribunal de commerce et Membre de la Chambre de commerce de Rouen ;

J. Zaba, Membre de la Société depuis 1890. A été directeur de la Société Nationale d'entreprises et de constructions, à Ivry, Ingénieur civil en Russie.

M. le Président adresse aux familles de ces Collègues l'expression des sentiments de profonde sympathie de la Société.

M. le Président annonce que, comme chaque année, une visite au Salon de l'Automobile va être organisée. Elle aura probablement lieu du 20 au 22 décembre. Nos Collègues en seront avisés par une circulaire dès que les démarches engagées avec l'Administration de cette Exposition seront terminées.

M. le Président fait connaître, à la suite de renseignements qui lui sont parvenus personnellement, qu'il y a en ce moment au Chili la possibilité de se créer des situations importantes pour des Ingénieurs qui iraient se fixer dans ce pays.

Cela confirme les indications que notre Collègue, M. Vattier, a bien voulu nous donner dans la séance du 6 juillet dernier.

M. le Président dépose sur le bureau la liste des ouvrages reçus depuis la dernière séance. Cette liste sera insérée dans l'un des prochains Bulletins.

M. le Président est heureux d'annoncer que notre Collègue, M. Henri Chevalier, a, conjointement avec sa famille, remis une somme de 4 000 f à la Société pour la fondation d'un prix triennal qui portera le nom d'Émile Chevalier.

Notre collègue M. Grosdidier a également fait don à la Société, comme chaque année, d'une somme de 64 f pour le Fonds de secou

M. le Président adresse à ces généreux donateurs les remerciemei de la Société.

M. M. Dibos a la parole pour sa communication sur *Les phases d'essa. de renflouage d'un cuirassé.*

M. M. Dibos dit qu'il a exécuté, depuis 1904, des essais de dispersion de brouillard par la diffusion des ondes hertziennes émises dans des conditions spéciales et qu'il a obtenu des éclaircies de 130 mètres de diamètre. Il se propose, dans une communication ultérieure, de revenir sur ce sujet. Ses théories se confirment encore davantage par les récentes communications faites sur les ions par M. Besson.

Sir Oliver Lodge, le savant physicien électricien anglais, a, de son côté, obtenu des résultats semblables à ceux de M. Dibos, ce qui en est la corrélation, le témoignage et la corroboration.

M. le commandant Guyou et M. Loewy, Directeur de l'Observatoire, Membres de l'Institut, encouragent M. Dibos dans ses recherches, qu'ils ont trouvées fort intéressantes.

Le conférencier passe ensuite à l'exposé détaillé des phases d'essai de renflouage du cuirassé de première classe *Montagu*, de la Marine royale britannique, échoué par brouillard, en mai dernier, sur les rochers de l'île Lundy. M. Dibos décrit les manœuvres de force exécutées pour le sauvetage de quatre pièces de tourelles, pesant chacune 50 t et valant chacune 500 000 f, qui furent sauvetées par la Salvage Association, de Liverpool, laquelle fit un beau bénéfice d'intervention.

M. Dibos termine en émettant le vœu de voir se créer, en France, une Compagnie française maritime de sauvetage et de renflouage, dont le besoin est réel, aussi bien au point de vue économique et patriotique, qu'au point de vue de la marine militaire et de la marine marchande. Le conférencier se reporte aux récents sinistres et indique qu'en France, chaque année, les pertes navales s'élèvent à une moyenne de 30 millions de francs. M. Dibos montre les plans d'un avant-projet de navire réunissant les conditions nécessaires d'intervention aux sinistres modernes et tel qu'il a conçu et étudié le type de ce navire-atelier, à turbines, et disposant de pompes fixes et mobiles pouvant débiter 20 000 t d'eau à l'heure : ce qui permet de concourir à toutes entreprises de renflouages ou sauvetages des plus gros navires actuellement à flot et sur toutes les mers.

M. Dibos préconise la création de deux stations : l'une sur l'Atlantique, l'autre en Méditerranée, et estime qu'une Société réellement puissante devrait disposer d'un capital de 4 millions de francs. Le conférencier termine en décrivant le matériel utile complémentaire.

M. Besson fait remarquer que les expériences de M. Dibos sur la dispersion du brouillard sont fort intéressantes.

Il semble, en effet, d'après les théories les plus récentes, que le brouillard se forme non pas autour des poussières, mais en réalité autour de corpuscules, ions ou autres, chargés d'électricité négative.

L'une des preuves que l'on donne est que par temps de brume la déperdition électrique négative est presque nulle.

Quant à la création, en France, d'une Société de sauvetage pour les navires, M. Besson est absolument du même avis que M. Dibos sur le grand intérêt que cela présenterait.

Il craint toutefois que le recrutement d'un personnel habitué à ces manœuvres ne soit peut-être difficile à réaliser.

M. Dibos répond que sur ce dernier point il n'y a aucune inquiétude à avoir.

M. le Président remercie M. Dibos des renseignements qu'il a donnés et qui sont d'autant plus intéressants que ce Collègue fait autorité dans la pratique des sauvetages, dont il a plus de 240 opérations à son actif.

Il est à espérer que l'appel de M. Dibos sera entendu et qu'il se produira dans notre pays un mouvement en faveur de l'organisation des moyens de sauvetage et de renflouage.

M. Mazen a la parole pour sa communication sur *la Traction électrique appliquée aux chemins de fer*.

M. Mazen, dans une première partie, étudie l'évolution qui s'est accomplie dans les diverses parties de l'équipement électrique des chemins de fer depuis 1895, date des premières applications.

Il passe tout d'abord en revue les types divers de voies électriques, voie au niveau du sol, voie aérienne triphasée et monophasée.

Il montre comment, aux grandes vitesses, on a été conduit à soutenir le fil de travail à la façon des ponts suspendus, pour conserver son horizontalité. Les différents archets employés sont décrits brièvement (archet simple, double, pantographe, etc).

Passant aux moteurs, M. Mazen indique pourquoi on a employé le moteur asynchrone triphasé à tensions élevées à l'époque où on ne connaissait que les moteurs à courant continu fonctionnant sous 600 volts au maximum. Les moteurs triphasés des locomotives du Simplon sont examinées.

Puis, nous voyons apparaître des modèles divers de moteurs monophasés, rendus applicables, dans ces dernières années, à la traction par l'emploi d'artifices divers (pôles de compensation de déphasage, etc).

M. Mazen fait remarquer que le couple est pulsatoire dans ces moteurs, ce qui diminue le coefficient d'adhérence par rapport à celui que permet d'obtenir le moteur à courant continu.

Enfin, après avoir parlé des applications du courant continu à haute tension (Chemin de fer de la Mure, 2 400 volts, deux ponts de 1 200 m, et celui de Bonn à Cologne, à 1 000 volts direct), M. Mazen rappelle les essais de traction à grande vitesse faits, en Allemagne, sur la ligne de Berlin à Zossen, et aussi divers essais ayant pour but l'emploi, aux moteurs d'essieu, de courant continu à tension variable.

Dans la deuxième partie de sa communication, M. Mazen étudie la traction électrique par locomotives destinées à la remorque du matériel ordinaire des Chemins de fer. Application intéressante sur certaines sections de lignes en tunnel ou pour la traversée des villes.

De nombreuses installations sont citées : Celle très importante du *New-York Central Railway* et du *New-York New-Haven and Hortford Railway*, ces dernières locomotives étant construites pour fonctionner indifféremment avec le courant monophasé à 11 000 volts ou le courant continu à 600 volts.

Les tunnels du Sarnia (Amérique), du Simplon, les essais faits en Suède pour la traction électrique sont indiqués successivement.

Dans une troisième partie, M. Mazen s'occupe spécialement de la traction sur les lignes de la banlieue des grandes villes. Il insiste sur la nécessité de mettre à la disposition des voyageurs des trains très fréquents offrant un nombre de places suffisant pour l'évacuation rapide du torrent de voyageurs qui se précipite, à certaines heures, dans les grandes gares.

L'application de la traction électrique permet de résoudre ce problème si complexe, grâce à son élasticité et aux démarrages rapides.

L'utilisation de la plus grande partie du poids adhérent du matériel roulant conduit tout naturellement à la commande, d'un seul poste de manœuvre, des moteurs attaquant les différents essieux des voitures : C'est le principe même du système à unités motrices multiples, auquel le nom de Sprague restera attaché.

Passant au côté financier, M. Mazen fait ressortir les dépenses considérables qu'entraine l'électrification d'une gare et de ses abords, mais il fait remarquer que ces dépenses sont compensées par l'avantage qu'il y a à ne pas agrandir une gare terminus de grande ville, enserrée dans des terrains d'un prix très élové et entièrement bâtis.

M. Mazen appuie ces considérations par l'examen de divers exemples de lignes de banlieue où circulent des trains à unités multiples (Lignes anglaises, américaines, allemandes). L'examen de ces lignes prouve que l'on tend de plus en plus à augmenter la puissance des moteurs et le nombre d'essieux attaqués.

Enfin, dans une dernière partie, M. Mazen étudie un certain nombre de lignes d'intérêt local, qu'il a été reconnu judicieux d'équiper à l'électricité, et il termine en constatant le grand pas fait depuis dix ans par l'électricité dans les Chemins de fer, présage certain d'un développement considérable dans les dix années qui vont suivre.

M. le Président dit que l'exposé clair et documenté de M. Mazen montre qu'il n'y a plus de difficultés techniques insurmontables dans l'application de la traction électrique aux chemins de fer.

Parmi les exemples cités par M. Mazen, celui du Simplon est un des plus frappants : le service de ce tunnel est assuré avec la plus grande sécurité électriquement à une vitesse maxima de près de 70 km à l'heure, correspondant à une durée de 17 minutes.

L'accroissement du trafic des chemins de fer en hâtera la transformation en ce qui concerne la traction et l'exploitation : à côté de la voie ferrée électrique se développera la gare électrique où les mouvements et manutentions seront simplifiés et accélérés au maximum.

Le principe général des trains à unités automotrices multiples a été exposé pour la première fois dans le Bulletin de juillet-août-septembre 1859 par Flachat, à propos d'une étude sur *La traversée des Alpes par un chemin de fer*. Un générateur de vapeur automobile — selon la propre expression de Flachat — inséré dans le train, devait alimenter les véhicules, tous munis de machines motrices. Le train de Flachat devait pouvoir desservir à toute époque de l'année un tramway établi sur la route du Simplon et présentant des rampes de 50 mm par mètre, avec des courbes de 30 m. L'adhérence du poids total du train,

la flexibilité de celui-ci dans les courbes et l'emploi de la contre-vapeur pour tous les moteurs ont été nettement indiqués par Flachat.

M. le Président a pu apprécier, ainsi que M. Harlé, avec quel soin M. Mazen a choisi ses démonstrations et vérifié sur la place la plupart des données et des résultats communiqués et lui en exprime les remerciements et les felicitations de la Société.

Il est donné lecture, en première présentation, des demandes d'admission de MM. Ch. Bouillon. H. Dieppedalle, G. Duché, L. Goguel, Ch. Prache, comme Membres Sociétaires Titulaires.

MM. A. Carrié, T.-A.-R. de Chazal, L. Delautre, J. Groselier sont admis comme Membres Sociétaires Titulaires.

La séance est levée à 11 heures.

L'un des Secrétaires techniques,
J. Deschamps.

PROCÈS-VERBAL

DE LA

SÉANCE DU 21 DÉCEMBRE 1906

ASSEMBLÉE GÉNÉRALE

Présidence de M. A. Hillairet, Président.

La séance est ouverte à 8 heures trois quarts.

Le procès-verbal de la précédente séance est adopté.

La Société étant réunie en Assemblée générale, conformément à l'article 17 des statuts, M. L. de Chasseloup-Laubat, Trésorier, a la parole pour la lecture de son Rapport annuel sur la situation financière. Il s'exprime ainsi :

Messieurs,

Le 30 novembre 1905, les Membres de la Société étaient au nombre de	3671
Du 1er décembre 1905 au 30 novembre 1906, les admissions ont été de	132
formant un total de	3803
Pendant ce même laps de temps, la Société a perdu, par décès et démissions.	!
Le total des Membres de la Société, au 30 novembre 1906, est ainsi de	371
Il a donc augmenté, pendant l'année, de.	4

Cette augmentation provient surtout du nombre relativement restreint de décès que nous avons eu à enregistrer cette année. Mais en revanche, il est probable que votre Comité aura, sous peu, à effectuer un nombre assez considérable de radiations par suite de non-paiement de cotisations pendant plusieurs annees.

De ce chef l'augmentation disparaitra.

Nous renouvelons donc notre appel et vous demandons de faire autour de vous de la propagande pour notre Société.

C'est en effet, surtout dans les circonstances actuelles, par le nombre, qui, bien entendu, ne doit pas exclure la valeur, qu'une Société telle que la nôtre pourra s'affirmer de plus en plus.

Nous allons maintenant passer à l'examen du Bilan.

Le Bilan au 30 novembre 1906 se présente comme suit :

L'Actif comprend :

1° Le Fonds inaliénable	Fr.	521 013,90
2° Caisse (Espèces en caisse)		3 612,30
3° Débiteurs divers		59 973,29
4° Prix Henri Schneider 1917		28 907,55
5° Amortissement de l'Emprunt		3 000 »
6° Bibliothèque		11 000 »
7° Immeuble		933 512,04
Total	Fr.	1 561 019,08

Le Passif comprend :

1° Créditeurs divers	Fr.	15 118,34
2° Prix divers de 1907 et suivants		10 783,25
3° Prix Henri Schneider 1917		28 907,55
4° Emprunt		563 000 »
5° Tirage obligations 1906		3 000 »
6° Coupons échus et à échoir		15 837,10
7° Fonds de secours		4 079,25
	Fr.	640 725,49
Avoir de la Société		920 293,59
Total	Fr.	1 561 019,08

BILAN AU

ACTIF

1° Fonds inaliénable :

a. Legs Nozo	Prix . . . . Fr.	6 000 »	
b. Fondation Michel Alcan	—	4 317,50	
c. Fondation Coignet	—	4 285 »	
d. Don Couvreux	—	4 857,75	
e. Legs Gottschalk	—	10 000 »	
f. Don Chevalier	—	Mémoire	
g. Don G. Canet	—	36 026,95	
h. Legs Moreaux	—	40 060,15	
i. Legs Giffard	Prix et Secours	50 372,05	
j. Donation Hersent	—	20 000 »	
k. Donation Schneider	Secours	100 512 »	
l. Don anonyme	—	6 750 »	
m. Don Normand	—	3 249,80	
n. Don Coiseau	—	11 250 »	
o. Legs Roy		873,50	
p. Legs de Hennaü		96 982,50	
q Legs Huet		67 119 »	
r. Legs Mayer		13 612,50	
s. Legs Faliès		4 768,85	
t. Legs Meyer (nue propriété)		10 000 »	
u. Legs Hunebelle		29 976,35	
			521 013,90

2° Caisse : Solde disponible . . . . Fr. 3 612,30

3° Débiteurs divers :

Cotisations 1906 et années antérieures (après réduction d'évaluation) . . . Fr.	9 008 »	
Obligations, banquiers et comptes de dépôt	46 944,19	
Divers	4 021,10	
		59 973,29

4° Prix Henri Schneider 1917 . . . . Fr. 28 907,55

5° Amortissement de l'Emprunt . . . . 3 000 »

6° Bibliothèque : Livres, catalogues, etc. . . . . 11 000 »

7° Immeuble :

a. Terrain . . . Fr.	369 160,30	
b. Construction	477 892,12	
c. Installation	35 237,08	
d. Ameublement et Matériel	51 222,54	
		933 512,04

Fr. 1 561 019,08

30 NOVEMBRE 1906

PASSIF

1° Créditeurs divers :

Impressions, planches, croquis, divers travaux en cours. Fr.	5 500 »	
Créditeurs divers	9 618,34	
		15 118,34

2° Prix divers 1907 et suivants :

a. Prix Annuel. Fr.	Mémoire	
b. Prix Nozo	273,60	
c. Prix Giffard 1905, prorogé 1908	3 000 »	
d. Prix Giffard 1908	2 515,20	
e. Prix Michel Alcan	413,50	
f. Prix François Coignet	450,05	
g. Prix Alphonse Couvreux	393,80	
h. Prix A. Gottschalk	300 »	
i. Prix G. Canet	2 573,25	
j. Prix H. Hersent	450 »	
k. Prix Moreaux	413 85	
		10 783,25

3° Prix Henri Schneider 1917 . . . Fr. 28 907,55

4° Emprunt . . . 563 000 »

5° Tirage Obligations 1906 . . . 3 000 »

6° Coupons échus et à échoir :

N°s 6 à 15.	1er janvier 1899 à 1er juillet 1903 . . Fr.	489,05	
N° 16.	1er janvier 1904	116,35	
N° 17.	1er juillet 1904	213,95	
N° 18.	1er janvier 1905	373,30	
N° 19.	1er juillet 1905	517,95	
N° 20.	1er janvier 1906	771,60	
N° 21.	1er juillet 1906	2 302,15	
N° 22.	1er janvier 1907	11 052,75	
			15 837,10

7° Fonds de secours . . . 4 079,25

Fr. 640 725,49

Avoir de la Société . . . 920 293,59

Fr. 1 561 019,08

ACTIF.

Le compte *Fonds inaliénable* s'est augmenté d'une somme de 51 310,15 f représentant le montant : 1° du legs qui nous a été fait au nom de notre regretté collègue M. F. Moreaux, pour la fondation d'un prix qui portera son nom et 2° du don de notre ancien Président M. L. Coiseau de 11 250 f, dont les revenus seront affectés au *Fonds de secours*.

Il faut remarquer qu'à ce compte figure pour « memoire » le don Chevalier. Il s'agit d'une somme de 4 000 francs qui a été donnée à la Société par la famille de notre regretté collègue Émile Chevalier pour la fondation d'un prix triennal, mais dont la valeur espèces n'ayant pas encore été transformée en valeurs de portefeuille ne peut pas figurer parmi ces dernières et se trouve comprise actuellement dans les comptes, caisse et débiteurs divers.

Le compte *Caisse* n'appelle aucune observation.

Le compte *Débiteurs divers* est à peu de chose près dans les mêmes conditions que l'année dernière.

Toutefois, il y a lieu de remarquer que le montant des cotisations dues, tant pour l'année courante que pour les années antérieures, bien qu'il ait subi une réduction considérable d'estimation présente cependant une augmentation de près de 4 000 f sur l'année dernière.

Je ne saurais trop insister auprès de nos collègues pour qu'ils se mettent en règle le plus rapidement possible envers le trésorier.

Le compte *Obligations*, *Banquiers* et *Comptes de dépôt* a subi une légère diminution provenant des dépenses auxquelles nous avons dû faire face pour diverses raisons et que nous expliquerons plus loin.

Les comptes *Prix Henri Schneider 1917* et *Amortissement* de l'*Emprunt* n'attirent pas notre attention.

Il en est de même du compte *Bibliothèque*.

Toutefois, je tiens à vous faire remarquer que chaque année nous amortissons entièrement les dépenses qui sont faites pour cette dernière et qui s'élèvent en moyenne à 4 à 5 000 f par an. Le chiffre de la valeur de notre bibliothèque reste ainsi, d'une manière constante, estimé à 11.000 f.

Le compte *Immeuble* a subi, de son côté, une légère augmentation s'élevant à 2 600 f représentant en partie la valeur de différents objets dont nous avons fait l'acquisition au cours de l'exercice pour nous permettre l'exploitation plus régulière et courante de notre hôtel. Cette somme de 2 600 f sera amortie au cours de l'exercice prochain.

PASSIF.

Le chiffre du compte *Créditeurs divers* est à peu près le même que celui de l'année dernière et n'attire aucune observation.

Il en est de même du compte *Prix divers* 1907 et suivants.

Vous voudrez bien remarquer que nous y avons fait figurer cette

année le premier semestre des arrérages du prix Félix Moreaux dont nous vous avons entretenus tout à l'heure en vous parlant de l'actif.

Le *Prix Henri Schneider* 1917, dont la contre-partie se trouve à l'actif, suit son augmentation régulière, ce qui nous permettra, en 1917, de distribuer la somme de 35000 f.

Le compte *Emprunt* a subi une diminution sensible.

Votre Comité, en effet, après consultation juridique régulière, a consacré à cette affectation une certaine somme provenant de dons et legs qui nous ont été faits au cours de l'exercice sans conditions spéciales.

Les comptes : *Tirage obligations 1906*, *Coupons échus et à échoir*, *Fonds de secours* restent dans les mêmes conditions normales.

En résumé, alors que l'*Avoir* de notre Société était, au 30 novembre 1905, de 849 569,89 f, il est, au 30 novembre 1906, de 920 293,59 f, soit une augmentation de 70 723,70 f.

Cette augmentation considérable provient, pour la plus grosse part, comme nous l'avons dit plus haut, des dons Coiseau, Chevalier et legs Moreaux et des legs faits par nos collègues Post et Cernuschi, ces deux derniers sans affectation spéciale, qui nous ont été remis au cours de l'exercice.

Pendant l'année, nous avons eu à faire face à des dépenses exceptionnelles qui se sont élevées à la somme de 20 306 f 50 et qui avaient pour but la transformation et l'amélioration de l'éclairage de notre grande salle, l'achat et l'installation de certains accessoires indispensables à la location de nos salles, le remplacement des chaudières du calorifère, la réfection du rideau de fer, l'installation de volets en fer pour la fermeture de la façade et d'autres travaux qu'il serait trop long de rappeler ici.

Grâce aux bénéfices normaux de l'exercice, qui se sont élevés à la somme de 17 962,40 f, nous avons pu amortir, jusqu'à concurrence de la somme de 17 756,50 f, les dépenses extraordinaires de cet exercice, dont le solde, s'élevant à 2600 f, sera, ainsi que nous l'avons indiqué, amorti au cours de l'exercice prochain. Toutes les améliorations apportées à l'immeuble représentent une véritable augmentation d'actif que nous considérons devoir cependant, par mesure de prudence, amortir le plus rapidement possible.

Après vous avoir ainsi donné des explications relatives aux comptes, je dois revenir sur quelques points spéciaux.

Nous avons, en effet, à adresser des remerciements aux généreux donateurs, et ils sont nombreux, qui, cette année, sont venus nous apporter le témoignage de leur sympathie.

C'est d'abord : 1° notre ancien Président, M. L. Coiseau, qui nous a fait don d'une somme de 11 250 f, dont les arrérages sont affectés au Fonds de secours ; 2° notre collègue, M. H. Chevalier, qui, au nom de sa famille et en souvenir de son père et de son frère, nous a remis une somme de 4000 f pour la fondation d'un prix triennal ; 3° la famille Moreaux, qui nous a remis une somme de 40 000 f pour la fondation d'un prix quinquennal, devant porter le nom de notre regretté collègue

M. F. Moreaux. Enfin, deux de nos collègues décédés, MM. Post et Cernuschi, nous ont laissé, le premier une somme de 10 267,80 f, et le second une somme de 5 000 f.

Nous avons également reçu pour le *Fonds de secours* un certain nombre de dons de diverses personnes : M. J. Gaudry, l'un de nos doyens d'âge et en même temps l'un de nos plus anciens membres, par un second versement de 1 000 f, a renouvelé le don généreux qu'il nous a déjà fait l'année dernière ; M. Grosdidier, comme chaque année, nous a adressé la somme de 64 f, et M. Robineau la somme de 500 f.

Qu'il me soit permis de leur adresser nos plus vifs remerciements et l'expression de notre gratitude pour l'aide qu'ils nous apportent ainsi en nous permettant de venir en aide d'une façon plus large à ceux de nos collègues qui sont obligés de faire appel à notre concours.

J'adresse également nos vifs remerciements à Mme Monchot, MM. Audbert, Thuillier et Chaffin, qui nous ont remis ensemble une somme de 256 f, sans affectation spéciale, venant en augmentation de notre fonds social.

Je le répète ici, comme je l'ai déjà dit l'année dernière, la fondation de prix et médailles, destinés à perpétuer les noms des donateurs, est évidemment l'un des points qui peut donner à la Société plus de relief et d'éclat, mais il ne faut pas oublier qu'à côté il y a la question des secours qui mérite également toutes les sympathies et nous ne pouvons trop engager ceux qui désirent nous venir en aide en augmentant par leurs dons les disponibilités que nous pouvons avoir à distribuer.

De l'examen de ce bilan, il résulte que, comme les années précédentes, notre situation reste satisfaisante.

Je fais appel au concours de tous nos collègues pour leur demander, non seulement de s'occuper du recrutement, mais de nous faciliter également la rentrée de nos cotisations, diminuant ainsi une partie de nos dépenses et, au contraire, nous facilitant l'augmentation du chapitre recettes.

M. le Président demande si quelqu'un désire présenter des observations.

Personne ne demandant la parole, M. le Président met aux voix l'approbation des Comptes qui viennent d'être présentés.

Les Comptes sont approuvés à l'unanimité.

M. le Président dit qu'il est sûr d'être l'interprète des Membres de la Société en adressant de sincères félicitations à M. le Trésorier pour la façon claire et précise avec laquelle il a établi les comptes qui viennent d'être présentés.

Il le remercie pour les services dévoués et continus qu'il rend à la Société en surveillant ses intérêts.

M. le Président rappelle que, dans la présente Assemblée, il y a lieu de procéder, pour la cinquième fois, au tirage de six obligations pour remboursement de l'emprunt de 1896.

Il demande à l'Assemblée de désigner, avec l'un des Secrétaires techniques, deux Scrutateurs pour procéder à ce tirage.

Sont désignés : MM. A. Bochet, E. Biard et P. Schuhler, Secrétaire technique.

Le tirage est effectué dans une salle contiguë.

M. le Président donne connaissance des numéros des Obligations de l'emprunt qui viennent de sortir, et qui seront remboursables à partir du 1er janvier 1907.

Ces numéros sont les suivants : 63, 187, 211, 876, 1 087, 1 186.

Puis il est procédé à l'élection des Membres du Bureau et du Comité à nommer en remplacement des Membres sortant fin 1906.

Ces élections ont donné les résultats suivants :

Vice-Président (devenant Président en 1908) : M. E. Reumaux.

Trésorier : M. L. de Chasseloup-Laubat.

Ire Section

Travaux publics et privés.

MM. Maury, A., *Membre.*
Magne, L., —

IIe Section

Industrie des Transports.

MM. Merklen, J., *Membre.*
Marié, G., —

IIIe Section

Mécanique et ses applications.

MM. Compère, Ch., *Membre.*
Rey, Jean, —

IVe Section

Mines et Métallurgie.

MM. Planche, J., *Membre.*
Raty, F., —

Ve Section

Physique et Chimie industrielles.

MM. Barbet, E.-A., *Président.*
Gall, H., *Membre.*
Vincey, P., —

VIe Section

Industries électriques.

MM. Postel-Vinay, A., *Présid.*
Mazen, N., *Membre.*
Javaux, E., —

La séance est levée à onze heures un quart.

L'un des Secrétaires techniques,
P. Schuhler.

PHASES D'ESSAIS

DE

RENFLOUAGE DU CUIRASSÉ " MONTAGU "

PAR

M. M. DIBOS

A la mer, le pire ennemi du navigateur, c'est le brouillard.

Les catastrophes les plus terribles et les plus émouvantes connues et inconnues, se passent et se passèrent trop souvent au sein des masses des brumes silencieuses stagnant ou errant sur les abîmes des océans.

Depuis plusieurs années nos études tendent vers la création de postes disperseurs pratiques du brouillard et nous avons utilisé, avec succès, la diffusion des ondes hertziennes émises dans des conditions spéciales.

Nous considérons que nos théories se confirment encore davantage, par les récentes communications faites ici sur les ions par notre éminent collègue M. l'Ingénieur Besson.

Nous nous éloignerions de notre sujet actuel, si nous entrions dans de plus amples détails présentement et relativement à la création de nos éclaircies artificielles à travers la brume, éclaircies qui dépassent 130 m de diamètre, ainsi qu'il en est résulté des expériences répétées, exécutées par nous, depuis 1904.

Sir Oliver Lodge, le savant physicien, électricien anglais, a, de son côté, obtenu des résultats semblables aux nôtres, ce qui en est la corrélation, le témoignage et la corroboration.

Le commandant Guyou et M. Loewy, directeur de l'Observatoire, membre de l'Institut et M. l'Ingénieur Max de Nansouty nous ont encouragé dans nos recherches.

Nous vous demanderons la permission, dans une communication prochaine, et si ce n'est pas abuser de la bienveillante attention d'un auditoire aussi distingué qu'érudit, de vous donner un résumé de nos travaux concernant la dispersion artificielle

du brouillard par l'électricité. Aujourd'hui nous vous parlerons des phases d'essais de renflouage d'un cuirassé.

Pour notre édification et instruction personnelles, en raison de nos occupations techniques maritimes spéciales, nous nous sommes rendu sur place et intéressé à certaines phases d'essais du renflouage du cuirassé *Montagu* de la marine royale britannique, où l'intervention d'une Société civile anglaise de sauvetage contribua non seulement à tenter diverses méthodes remarquables de renflouage, mais à sauver tout le matériel, notamment les pièces d'artillerie de gros calibre.

Nous avons pensé que, particulièrement, ces manœuvres de débarquement de poids lourds effectuées avec les difficultés que l'on verra, méritaient de retenir l'attention.

Les caractéristiques du cuirassé de première classe *Montagu* étaient les suivantes (correspondantes aux autres navires de même type : *Duncan*, *Cornwallis*, *Exmouth*, *Russel*, *Albermale*, constructions de l'année 1901) :

Longueur, 123,50 m ; largeur, 23 m ; tirant d'eau, 8 m ; déplacement, 14200 t ; vitesse, 19 nœuds ; puissance de machines, 18300 HP.

Cuirassement : ceinture en acier herveyé de 177,8 mm n'ayant que 52 mm devant et 102 mm sous les tourelles, s'arrêtant à 35 mètres de l'AR, et sur une hauteur latérale de 4,27 m dont 1,5 m sous l'eau.

Barbettes de 280 mm avec coupole de 152 mm. Blockhaus AV 305 mm ; AR 74 mm.

Pont cuirassé de 76 à 50 mm. Double fond sur les 4/5 de la longueur de la coque.

Éperon ;

Artillerie : 4 canons de 305 mm (12") en barbette ;
12 — 152 —
10 — 76 —
6 — 47 —
6 mitrailleuses ;
4 tubes sous-marins lance-torpilles ;
Filets Bullivant pare-torpilles ;

Coût du navire armé : 42000000 f ;

Équipage : 750 hommes.

Le cuirassé *Montagu* vint s'échouer de nuit à la pointe sud-ouest de l'île Lundy, par un épais brouillard qui sévissait le 30 mai dernier sur le canal de Bristol, sur toute la mer d'Irlande

et la Manche. Les brumes ont été fréquentes endant le printemps et l'été derniers.

Le navire se mit au plein deux heures avant la basse mer.

Après des soubresauts qui durèrent quelques heures, le bâtiment occupa la position sensiblement nord-sud, qu'il ne devait plus quitter.

Vingt-quatre heures après l'échouage, chaque compartiment du navire était plein d'eau. La chambre des machines du cabestan avant, les compartiments sous la tourelle des canons de 12 pouces AV, toutes les chaufferies, la chambre des machines tribord et le compartiment près du gouvernail AR, à l'étambot, étaient ouverts à la mer, l'eau montant et baissant avec la marée. La chambre des machines bâbord avait résisté mais se remplit par l'ouverture d'une valve.

Le *Montagu* reposait sur un plateau de rochers, presque horizontal, mais beaucoup de pointes de ces rochers hérissaient ce fond. Le cuirassé donnait la bande bâbord, de 1,5 degré. Cette inclinaison était à peu près la même que celle que possédait le navire touchant avant d'échouer.

Aux hautes marées ordinaires de printemps, l'eau montait de 2 pieds au-dessus du pont supérieur et, à basse mer, le niveau de la mer descendait de 7 pieds en dessous de la ligne normale de flottaison du navire. Au lieu de l'échouage, les amplitudes moyennes de marée atteignent $\pm$ 8 m.

Les premiers examens des scaphandriers montrèrent que les dommages à la coque étaient très graves.

Un bloc de rocher avait pénétré de 10 pieds dans le navire, sous la machine du cabestan. La quille de roulis tribord était plus ou moins emportée, et plusieurs larges trous furent découverts de ce côté. Toutefois, comme les scaphandriers ne pouvaient avoir accès sous le navire même, d'autres blessures ne purent être indiquées.

Un grand trou fut découvert contre la crosse d'étambot, sous le coqueron. L'hélice bâbord, un gousset vertical, et le support d'arbre étaient complètement démolis.

A tribord, un gousset vertical était craqué, une aile de l'hélice tribord emportée, et la partie inférieure du safran du gouvernail détruite.

Tel qu'il était et tel qu'il est demeuré, le navire se trouve exposé directement « par bâbord » à l'assaut des grosses lames de l'Atlantique qui viennent déferler en plein sur lui.

La saison estivale était le seul moment de l'année où l'on pouvait essayer un renflouage. Plus tard, les mauvais vents de sud-ouest rendraient la position intenable.

Deux navires de guerre *Duncan* et *Exmouth* cherchèrent à prêter assistance, sans résultats, dès la première journée, au *Montagu*. Vinrent ensuite le *Mars* et le *Cornwallis*.

Après une réunion des officiers généraux de la Marine britannique envoyés sur les lieux, on convint que la direction des opérations de sauvetage serait dévolue à l'amiral Wilson et un arrangement fut conclu également avec la « Salvage Association » de Liverpool, dont les bateaux spéciaux, *Ranger* et *Linnet*, étaient arrivés dans la nuit du 31 mai au 1er juin, munis d'engins d'épuisement assez importants. Le *Ranger*, qui est le plus grand des deux, mesure 50 mètres entre perpendiculaires.

Ces bateaux sauveteurs étaient sous les ordres du Wreck Master Captain Young.

Avant de s'arrêter à un programme de travaux, il convenait de considérer la situation du *Montagu* sous différents points.

On se trouvait empêché de procéder, du dehors, aux obturations des trous de la carène, parce qu'il eût fallu pouvoir exécuter ces travaux en eau calme, ce qui était impossible avec les mouvements de la houle longue de l'océan ; même par beau temps, un semblable travail, outre qu'il eût exigé une durée considérable et eût été très pénible, n'aurait donné, en somme, que des résultats incertains, sans compter que, en sus des blessures apparentes, il en existait certainement d'inconnues et en quantité.

Donc, on s'arrêta à pomper les compartiments demeurés et supposés intacts ; à utiliser le procédé de l'air comprimé dans les compartiments de la machine et des chaudières et dans celui de la machine du cabestan AV ; à boucher le plus possible d'ouvertures accessibles dans la coque, et enfin d'aider à soulager le navire, en augmentant artificiellement sa flottabilité par l'application d'une série de caissons étanches dits « chameaux », rapportés et fixés invariablement sur les bordages aux endroits convenables après enlèvement des plaques de blindage.

L'enlèvement des plaques de blindage, sur 86 pieds de long de chaque côté du navire a été un travail très dur, car cela représentait environ 140 tonnes d'acier à déposer. On se servit d'outils pneumatiques très ingénieux qui avancèrent singulièrement la besogne.

Les caissons rectangulaires métalliques étanches nommés chameaux sont constitués en tôles de 7 mm environ, rivés sur cadres-cornières étrésillonnées. Ces « chameaux » mesurent environ 22 pieds de haut, 10 pieds de large, et 14 pieds de long. 31 de ces chameaux furent posés : opérations délicates.

Nous aurions été désireux de présenter un cliché photographique du vaisseau ceinturé de ses 31 chameaux, mais ce cliché est venu trop noir.

Un système de boulons permet de les fixer à demeure contre les parois du navire échoué, dont on perce les tôles derrière le matelas de bois, après avoir retiré les plaques de blindage au droit d'application du chameau.

De plus, un gousset triangulaire métallique, posé perpendiculairement au bordé du vaisseau, est placé à affleurer le pont supérieur du navire et fait force sur la partie supérieure du chameau qu'il contretient ainsi à la poussée de flottaison.

Enfin, le cadre vertical du chameau est légèrement losangé afin de permettre de mieux épouser les formes du navire.

Pour faciliter la mise à poste des chameaux, il va de soi qu'on les leste de l'eau nécessaire à leur calaison, ce lest liquide étant ensuite ou pompé, ou évacué par ouverture de la valve inférieure, si, à basse mer, les chameaux ne sont plus immergés le long du bord.

On allégea aussitôt le cuirassé en lui retirant les canons de 6 pouces et toute la petite artillerie, les filets Bullivant paretorpille, les câbles-chaînes, etc... ainsi que tous les projectiles, etc... le mobilier, etc...

L'accostage du *Montagu* était seulement possible à mi-marée et à haute mer aux navires de tonnage moyen, et seuls le *Ranger* et le *Linnet*, de la Liverpool Salvage Association, pouvaient en approcher, ainsi que les chalands.

Les opérations de pompage furent effectuées, tant par les pompes centrifuges fixes du *Ranger* et du *Linnet* que par les 21 pompes mobiles centrifuges, installées avec leurs chaudières et moteurs sur le cuirassé même. Ensemble, le débit était de 8600 t par heure. A notre avis, il eût dû être de 16000 t à l'heure, pour franchir les rentrées d'eau, et faire souffler le vaisseau.

Enfin, les compresseurs d'air furent installés au mieux dans les compartiments choisis et fonctionnèrent à raison de 6000 pieds cubes par minute. Calcul fait, on estimait que pour la

haute marée du 5 août, le navire pourrait être soulagé, étant donné que l'on reconnut que le centre de gravité du cuirassé serait ainsi à la même hauteur que le centre de flottabilité.

Malgré tous ces efforts, dans la suite, l'espoir de renflouer le *Montagu* dut être abandonné et on songea à sauver la grosse artillerie. Nous avons dit au début de cet exposé qu'il y avait à bord quatre gros canons de 12 pouces : deux logés dans la tourelle barbette AV, et deux dans la tourelle barbette AR. Ces canons tirent une charge de cordite modifiée pesant deux quintaux (120 kg). Le projectile pèse 7 1/2 quintaux (soit 450 kg) et mesure quatre pieds de long. Le coût de la cartouche et du projectile est de 80 livres sterling (soit 2 000 francs). La portée du projectile est de 25 milles.

Chaque canon pèse 50 t et vaut 500 000 f. Il y avait donc là 2 000 000 à sauveter d'urgence.

Le *Wreck Master Captain Young* devait faire toute diligence, car la saison estivale prenait fin, et avec septembre arrivaient les variations météorologiques d'équinoxe.

Il fallut enlever préalablement les deux coupoles casemates, ce qui ne fut pas une mince besogne.

Deux bigues ou chèvres de circonstance furent installées, composées de sapines de 0,80 m d'équarrissage, placées l'une verticale, haubannée à l'aplomb de la casemate, l'autre inclinée, haubannée au dehors et placée sur le bord, à tribord. Le guindage de ces bigues représente déjà une belle manœuvre de force !

Une glissière coulotte fut installée entre l'ouvert des pieds de la bigue de casemate et l'ouvert des pieds de la bigue du bord, afin de faciliter l'amenée de la pièce qui devait s'y engager la bouche en avant.

De robustes caliornes furent frappées aux têtes des bigues, et des élingues saisirent la pièce qui, hissée d'abord de la casemate, était orientée suivant la glissière, poussée vers cette glissière, amenée bas et reprise par la caliorne de la bigue de bord qui l'amenait et l'élinguait enfin sur le chaland allège amarré le long du *Montagu* à tribord, entre le cuirassé et la falaise. Chaque bigue avait un jeu de doubles caliornes.

Les opérateurs, retardés par les multiples soins de manœuvres de ces poids lourds, furent près de rater le sauvetage de la première pièce, car la mer montait et, dans une heure, le flot couvrirait le navire. La pièce était palanquée et suspendue dans

les airs et on n'osait l'amener, car le chaland qui devait la recevoir tanguait avec des amplitudes de 3 m. On était en droit de craindre que la pièce, manquant le chantier de madriers fixé sur l'allège, tombât à faux et, défonçant le chaland, allât s'engloutir avec lui dans les flots.

Grâce à la remarquable adresse des agents de la Salvage Association, l'opération s'accomplit enfin heureusement, permettant de bénéficier de deux semaines de travaux préparatoires excessifs.

La seconde pièce donna moins de soucis : une accalmie étant survenue heureusement.

Les deux autres pièces AR eurent des péripéties diverses, mais furent, nonobstant, élinguées et mises en sûreté.

La construction de bigues de circonstance s'imposait, car les appareils portatifs capables de lever des masses de 50 t sont rares à trouver, hors ceux fixes des ports et arsenaux, et les derricks flottants européens n'ont pas une puissance suffisante. En Amérique, nous avons vu cependant des navires-grues de 100 t.

Des milliers de spectateurs, perchés sur les falaises de l'île, contemplaient ces manœuvres de force et de débarquement de poids lourds, et applaudissaient quand les canons arrivaient à être posés enfin dans les chalands.

Comme les usages accordent généralement aux sauveteurs 50 0/0 de la valeur des objets sauvetés, on conçoit qu'ici chaque élinguée valait pour ces sauveteurs un quart de million environ.

Le cuirassé n'est plus qu'un amas lamentable de ferraille balisant les rocs de l'île Lundy et, actuellement, l'amirauté se sert de la carcasse du *Montagu* comme but de tir d'artillerie et de torpilles lancées.

Aujourd'hui l'épave, battue par les grosses mers d'hiver, n'offre plus qu'une silhouette macabre noyée dans les embruns des lames qui déferlent sur elle avec fureur !

Comme suite à ce bref exposé du tout récent exemple de l'agonie d'un superbe vaisseau moderne, et pour nous préserver nous-mêmes, dans la mesure du possible, de semblables catastrophes, nous émettrons le vœu de voir, à court délai, entrer en exercice une Compagnie française maritime vraiment puissante de sauvetage et de renflouage de navires.

En effet, les pertes matérielles que font subir au commerce maritime les naufrages sont considérables. Pour s'en rendre

compte il suffit de consulter les annales du Bureau *Veritas*, où sont très soigneusement enregistrés tous les accidents de mer.

Il résulte de ces statistiques que le nombre des navires totalement perdus, augmente tous les ans.

Il y a dix ans, la moyenne annuelle était de 1 000 à 1 200 navires perdus pour un tonnage de 530 000 tx ; en 1904, la perte a été de 850 000 tx, ce qui représente, tant pour les navires perdus que pour leurs cargaisons, une valeur de plus de 500 millions. En 1905, ce chiffre s'élève à 900 millions engloutis au préjudice des armateurs, et la progression croissante augmente toujours suivant une marche parallèle au développement du trafic maritime.

Il existe à l'étranger, principalement en Angleterre, témoin la Salvage Association de Liverpool, en Allemagne, au Danemark et aux États-Unis, des Sociétés de renflouage et de sauvetage des navires. Ces Sociétés sont très prospères.

Pour ne citer que quelques exemples : la Neptun Salvage Cy, de Stockholm, fondée il y a vingt-cinq ans avec un capital modeste, a relevé, depuis sa création, plus de 2 000 navires, opérations qui ont dû laisser de gros bénéfices à ladite Société.

Les bénéfices considérables réalisés par les sauveteurs ne sont pas pour surprendre, quand on sait dans quelles conditions se traitent les marchés de sauvetage qui ont fréquemment pour base la clause : « *No cure no pay* », c'est-à-dire : « Pas de guérison, pas de paiement », mais qui assurent aux sauveteurs, en cas de réussite, des profits qui vont souvent jusqu'à 50 et 60 0/0 de la valeur du navire sauveté et de sa cargaison.

C'est ainsi qu'il peut arriver qu'un sauvetage laisse un bénéfice plus élevé que le capital de la Société de sauvetage.

Sans nous étendre sur ce sujet, et en plus du sauvetage des canons du *Montagu*, nous pouvons citer d'autres exemples récents parmi les nombreux cas que nous connaissons.

En 1886, le scaphandrier Lambert, au service de la Société Siebe et Gorman, a retiré des cales du paquebot *Alphonse XIII*, coulé par 53 mètres de fond au large de la Grande-Canarie, la somme de 2 250 000 f en lingots d'or.

Pour le sauvetage du *Denton-Grange*, il était convenu que les sauveteurs auraient la moitié de ce que serait vendu le navire sauvé. Cette vente atteignit 46 000 livres anglaises ; la Compagnie de sauvetage eut donc pour sa part 23 000 livres, c'est-à-dire 575 000 f.

Pour le sauvetage du *China*, de la Peninsular and Oriental Cy, et du steamer *Paris*, de la ligne américaine de New-York à Liverpool, les Compagnies de sauvetage touchèrent pour chacun de ces bateaux 75 000 livres sterling, soit 1 875 000 fr.

L'année dernière, un groupe de scaphandriers réussit à sauver entièrement le chargement du paquebot français *Lucie*, naufragé en 1902, dans les bouches de Bonifacio. Ce chargement, consistant en 5 000 t de rails, était évalué à 2 500 000 f.

Tout récemment, M. Aikman, de Melbourne, s'est rendu acquéreur, au prix de 7 250 f, de l'épave du steamer *Australia*. Il paya la cargaison en plus 1 500 f, soit en tout 8 750 f Les travaux de sauvetage n'étaient pas terminés le 23 avril 1906, mais on estimait que le bénéfice réalisé à cette époque par M. Aikman, n'était pas inférieur à 5 millions de francs.

Ce dernier mois, nous avons sauveté les 99/100 d'une grosse cargaison de pétrole en exposant une somme infime de frais n'excédant pas 3/100 de la valeur totale.

Nous ne voulons parler ici que pour mémoire des remorques données à des steamers : paquebots ou cargos de gros tonnage désemparés par rupture d'hélices, avaries de machines, etc., ou en danger par suite d'échouement sur fonds de sable. Il a été payé pour quelques heures, ou même quelques minutes de semblables remorques, des prix considérables se chiffrant par centaines de mille francs.

Mais il ne s'agit là que d'occasions fortuites, tandis que l'on peut estimer que le sauvetage de navires importants échoués sur nos côtes, et le retirement d'épaves anciennes, assurent à la Société qui se constituera un travail constant et rémunérateur.

Les exemples que nous avons cités suffisent à indiquer quels résultats financiers peuvent obtenir les Sociétés de sauvetage, mais il faut considérer également l'utilité mondiale de ces Sociétés qui empêchent la destruction de richesses considérables, formant parcelles de la fortune publique, ainsi que leur intérêt national.

Malgré les brillants exemples de l'étranger, nous avons dit qu'il n'existe pas en France, à l'heure actuelle, une seule Compagnie pour le sauvetage et le renflouage des navires. A quelque point de vue que l'on se place, économique ou patriotique, il y a là une lacune incontestable et regrettable. Elle doit être comblée.

Multiples furent les cas de sinistres où les pertes furent totales faute de moyens d'action convenables et immédiats.

Les Compagnies d'assurances maritimes en savent quelque chose. Parmi les nombreux naufrages où l'industrie française ne put intervenir faute de ces moyens sérieux, citons le sinistre du *Chili*, à Bordeaux.

Le cas du *Chili*, transatlantique chaviré à quai, à Bordeaux, en avril 1903, est un des exemples typiques de l'insuffisance des moyens dont on dispose en France pour renflouer un grand navire.

Après des essais aussi longs qu'infructueux, le bâtiment fut reconnu impossible à être remis à flot, faute de pompes suffisantes.

C'est alors que le commandant du vapeur danois *Héracklès* vint reconnaître la situation, et après une série de travaux tous plus intéressants et plus adroits les uns que les autres, notamment une fermeture de porte de soutes demeurée ouverte et un dévasage du bâtiment, à l'intérieur, à l'aide de jets de pompes puissantes, obtint un succès complet.

Ni la coque ni les machines n'avaient souffert de cet échouage de plusieurs mois.

Seuls les aménagements étaient à refaire complètement.

Cette opération fut des plus fructueuses pour la Société de sauvetage danoise, à laquelle appartient le vapeur *Héracklès*, très bien outillée pour ce genre d'entreprises.

L'utilité économique de la Société que nous préconisons est évidente. Il se perd en effet tous les ans un grand nombre de navires, vapeurs ou voiliers, sur les côtes françaises, dans la Manche, au raz de Sein, près d'Ouessant, de l'île de Ré et dans le golfe de Gascogne ainsi que dans la Méditerranée.

Nous venons de dire que les Sociétés étrangères ne peuvent en effet se déplacer que pour de très gros sauvetages, et quand elles ne sont pas retenues ailleurs, ce qui est le cas le plus fréquent. Une seule Compagnie anglaise a été demandée 453 fois dans la seule année 1904.

Quant aux navires sauvés ou renfloués, ils le sont par des Sociétés étrangères et à leur profit, c'est-à-dire au détriment de la richesse nationale.

Au point de vue patriotique, ce sont là des choses à déplorer déjà quand il s'agit de bâtiments de commerce ; mais quand il s'agit de navires de guerre français et que l'on est réduit à

s'adresser à un marchand de vins de Marseille pour opérer le sauvetage d'un contre-torpilleur, comme dans le cas de l'*Espingole*, ou à une Société étrangère associée à la Nordischer Bergungs Verein, c'est-à-dire à une Société allemande, comme dans le cas du *Sully*, la création d'une Société française de renflouage s'impose à l'esprit comme une nécessité absolue.

A l'heure actuelle encore ce sont des Sociétés allemandes et danoises qui ont coopéré au sauvetage du sous-marin français *Lutin*, sombré le 16 octobre au large de Bizerte.

La nécessité d'une Société de sauvetage a été solennellement reconnue par le Ministre de la Marine à la tribune de la Chambre au cours d'une interpellation au sujet de la catastrophe du *Farfadet*, et plus récemment encore au cours des débats du Conseil de guerre maritime, réuni le samedi 31 mars 1906 pour la perte du *Sully*.

Aujourd'hui, au lendemain de la catastrophe du *Lutin*, comme au lendemain de celle du *Farfadet*, l'opinion publique et la presse sont unanimes à réclamer la création en France de puissants moyens de sauvetage.

Nous avons pressenti des officiers généraux de la Marine ayant commandé, ou commandant en chef, et nous savons que ce projet serait parfaitement accueilli dans toutes les sphères militaires.

Mais, en dehors de ces considérations, une Société française de sauvetage serait une affaire extrêmement sérieuse.

Il résulte en effet, des statistiques, que le montant des pertes maritimes pendant l'exercice 1903-1904 a été de 50 millions pour la France.

Or une Société française aurait, pour traiter des sauvetages sur la côte française, une situation privilégiée, qui tiendrait à un quasi-monopole, pour les raisons suivantes :

1° Proximité, c'est-à-dire rapidité;

2° Plus grande puissance de procédés et de matériel parce que entièrement neuf;

3° Bénéfice des prescriptions ministérielles faisant interdiction aux étrangers d'opérer dans le voisinage des ouvrages de défense et dans le périmètre des ports de guerre, c'est-à-dire sur la plus grande partie des côtes françaises.

On peut donc considérer que la concurrence étrangère sur nos côtes sera nulle, et que la Société française de sauvetage, telle qu'on propose de la constituer, c'est-à-dire avec toutes les

garanties nécessaires, aura à traiter pour tous les sauvetages importants qui pourront être opérés sur les côtes françaises.

Citons à l'appui de nos dires, le cargo-boat *Vesper* de 3000 t en charge, coulé en 1902 près d'Ouessant, et dont aucune Société étrangère n'eut le temps d'opérer le sauvetage. Or le bateau eût pu être sauvé au 10/13, c'est-à-dire pour 2 500 000 f, et nous ne parlons que de la coque.

Pour réussir, il ne faut pas fonder une Compagnie d'essence régionale ou se cantonnant à l'embouchure d'un fleuve, ayant un ou deux remorqueurs munis de pompes moyennes, mais au contraire créer, à priori, deux stations, l'une sur le littoral de l'Atlantique, l'autre sur le littoral de la Méditerranée, avoir deux navires, et permettre ainsi à ces deux bâtiments spéciaux, toujours parés, un déplacement inopiné, et de veiller sur un développement de côtes convenable, tout en pouvant se prêter un appui mutuel par la venue rapide de l'un près de l'autre et réciproquement, ou bien traiter simultanément deux sinistres en même temps, au nord ou à l'ouest, et au sud de notre pays, voire chez nos voisins.

Un capital utile de 4 000 000 est nécessaire. Le type de navire-atelier que nous avons conçu, étudié et préconisons, serait à turbines, filerait 18 nœuds, et aurait à bord des pompes fixes, pouvant débiter 12 000 t à l'heure et un plant de pompes autogènes mobiles pouvant débiter 8000 t à l'heure, ce qui porterait à 20 000 t à l'heure l'ensemble des moyens d'épuisement dont on doit disposer pour aborder une opération quelconque de renflouage des navires modernes, avec le plus de chances de succès.

Voici d'ailleurs les caractéristiques principales de notre navire du type A, qui coûterait, y compris les pompes : 1 200 000 f.

Longueur entre perpendiculaires, 74,80 m;
Largeur hors membrures, 10,30 m;
Creux à la ligne droite des baux :
1° du pont principal, 3,40 m;
2° du spardeck, 6 m;
Hauteur du double fond, 0,95 m;
Tirant d'eau en plei necharge, 4 m;
Déplacement correspondant, 1 700 t;
2 mâts de charge de 25 t;
6 treuils à vapeur dont un AV de 60 t de force;
2 cabestans AV et AR à vapeur;

Appareil moteur : « Turbines Parsons » ;
Nombre de tours, 450 ;
Nombre d'hélices, 3 ;
Puissance prévue, 4500 HP ;
Vitesse prévue, 18,25 nœuds ;
Générateurs, 2 chaudières Normand-Sigaudy ;
Surface de grille prévue, 20 m² ;
Water Ballast, dans le double fond : capacité. 125 t ;
Water Ballast, dans les peaks : capacité, 50 t ;
Approvisionnement de charbon : 320 t dans les soutes, plus, au besoin, une certaine quantité sur le pont ;
Rayon d'action, à 18 nœuds environ, 1850 milles ;
Tonnage brut, total environ, 1180 t.

La nécessité des turbines s'impose pour éviter un encombrement accusé et posséder un bon moteur moderne pour se rendre rapidement sur les lieux du sinistre. Il faut en effet arriver bon premier ! *Time is money.*

Les échantillons (acier) de ce type A de navire sont choisis d'après les règles du *Veritas* et pour bateau à trois ponts, alors que notre steamer n'est qu'à deux ponts dont un pont spardeck, mais il ne faut pas oublier que ce navire doit constituer une poutre armée excessivement robuste destinée à former levier extra-puissant par le jeu des water-ballasts vidés ou remplis, afin de dégager un bateau coulé ou échoué, à servir d'allège et de dock flottant, à soutenir entre deux eaux une épave élinguée pour l'amener sur un haut fond, etc., à concourir seul au relèvement d'un sous-marin ou submersible de 200 t et plus, bref, à intervenir dans les meilleures conditions pour le sauvetage et le renflouage de bâtiments de gros tonnage, etc.

L'éclairage est électrique. Il y aurait deux projecteurs en sus des lampes à arcs de pont. On comprend donc, à fortiori, que deux navires de ce type A, se prêtant au besoin un mutuel appui, pourront entreprendre toutes les opérations les plus importantes et les plus ardues qui se présenteront sur les mers.

Comme il est nécessaire, quand on entreprend un renflouage ou un sauvetage sur certaines côtes de la Méditerranée, ou du Maroc, de pouvoir au besoin en imposer aux pillards qui tirent même des coups de fusil sur les équipes de sauveteurs, chaque type de navire possédera, à bord, quatre canons-revolvers.

Il est de toute utilité que le navire-atelier soit en relations les plus constantes possibles, avec la Compagnie armateur, afin

d'être immédiatement avisé des sinistres et recevoir les missions, comme aussi, renseigner sur les travaux et situations des épaves. Aussi, chaque type de navire possédera un poste de télégraphie, sans fil (système Octave Rochefort, modèle de la marine).

Quatre grands pontons allèges (construits d'après les plans inspirés des modèles en usage pour les services de « The London Thames Conservancy » et de la « Liverpool Steam, Tug C° », mais perfectionnés), équilibrés, water-ballastés, munis de puits centraux pour le passage des chaînes de levage et des élingues en câble d'acier avec un minimum de rupture de 100 t, armés de vérins mécaniques, de serre-mailles, etc., compléteraient le matériel flottant. Chaque ponton aurait une puissance de portage de 500 t en sus de sa flottabilité de carène. Ces quatre pontons reviendraient ensemble à 450 000 f.

Les appareils pour travaux sous marins, ont déjà été pour nous l'objet d'une sélection parmi les meilleurs des marques recherchées par nos soins et dûment expérimentées.

Nous avons sous la main un personnel de premier ordre, dont des scaphandriers hardis et de grande accoutumance, facile à réunir.

Nous estimons qu'il faut surpasser tout ce qui existe à l'heure présente à l'étranger et trouver mieux encore que le *Protector*, bateau de sauvetage appartenant à la « Em. Svitzer Bjergnings », qui vient d'être armé il y a deux mois seulement et qui réalise cependant déjà des améliorations très estimables.

Dans notre spécialité, il faut toujours avoir présent à l'esprit qu'il importe de posséder les engins les plus forts, idoines au service à en attendre, car c'est dans nos opérations qu'on se trouve bien de l'observation de l'adage : « Qui peut le plus, peut le moins! »

Autrement ce n'est pas la peine de s'en mêler.

Nous sommes prêts à aider de nos conseils et de notre très modeste savoir une œuvre aussi nécessaire.

Puisse cette œuvre obtenir déjà l'approbation de cette haute assemblée des Ingénieurs Civils de France.

LA TRACTION ÉLECTRIQUE

APPLIQUÉE AUX

CHEMINS DE FER

PAR

M. N. MAZEN

Nous nous proposons dans cette étude d'exposer en premier lieu les différentes méthodes que l'électricité met à la disposition des ingénieurs pour l'application de la Traction électrique aux chemins de fer, et ensuite d'énumérer les problèmes divers de cet ordre dont la solution a été ou pourra être fournie par l'électricité.

Désireux d'être aussi bref que possible, nous ne dirons que quelques mots de certains essais, intéressants d'ailleurs, mais que la pratique n'a pas encore sanctionnés.

La traction électrique dans les chemins de fer date, au plus, d'une dizaine d'années. Avant 1895, les lignes électriques étaient fort rares.

La première application faite en France est celle de l'embranchement minier de Montmartre à la Béraudière réalisée en 1893, sous les auspices de M. Baudry, ingénieur en chef du P.-L-M., ancien président de notre Société, par M. Hillairet, notre éminent président actuel.

Ce qui a caractérisé les premières applications de la traction électrique aux chemins de fer, c'est l'emploi de véritables locomotives électriques susceptibles de remorquer le matériel ordinaire et que l'on a purement et simplement substituées aux locomotives à vapeur.

Or, tandis que dans les tramways les puissances mises en jeu sont faibles, elles deviennent, dans les chemins de fer, en raison des charges et des vitesses, beaucoup plus importantes.

On ne pouvait donc songer à utiliser, avec le courant continu à 500 ou 600 volts, seul employé lors des premières applications, le fil ordinaire de trolley capable de laisser passer au plus 200 ampères, soit 100 kilowatts.

Aussi, à Baltimore en 1895, a-t-on remplacé le fil aérien par des profilés formant une rainure dans laquelle glisse une navette. *(Voir fig. 1.)*

La majeure partie de cette ligne étant en tunnel, il était assez

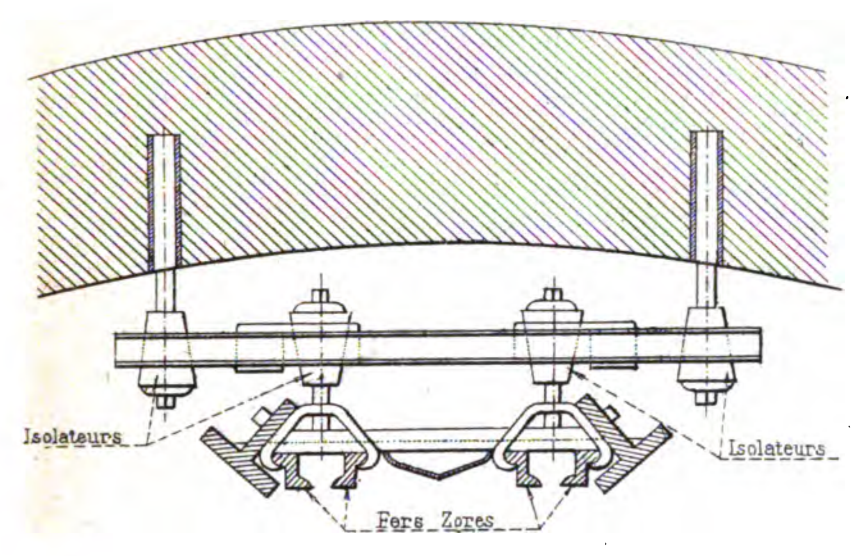


Fig. 1. — Tunnel de Baltimore. Prise de courant aérienne.

simple d'accrocher ces profilés à la voûte. A l'extérieur, il fallut construire des charpentes coûteuses, le conducteur pesant 50 kilogrammes au mètre.

Pour réduire la dépense, on rapprocha, comme cela avait été fait dès 1893 à la Béraudière, le conducteur du sol en le faisant porter par des isolateurs des systèmes les plus divers dont les figures 2, 3 et 4, montrent quelques spécimens :

Isolateur en chêne paraffiné de la Béraudière, 1893 *(fig. 2)*.

Isolateur en hêtre paraffiné avec coussinet en fonte de Versailles, 1899 *(fig. 3)*,

Isolateur en granit reconstitué de Milan-Gallarate, 1902 *(fig. 4)*.

Le conducteur formé d'un ou de deux rails ou de profilés est généralement latéral à la voie courante. Le retour du courant se fait par les rails ordinaires, ou, quand les règlements l'exigent, comme en Angleterre, par un quatrième rail placé dans l'axe de la voie. *(Voir fig. 5.)*

La neige et le givre qui se déposent sur la surface de prise de courant nuisent souvent au bon contact du frotteur porté par la

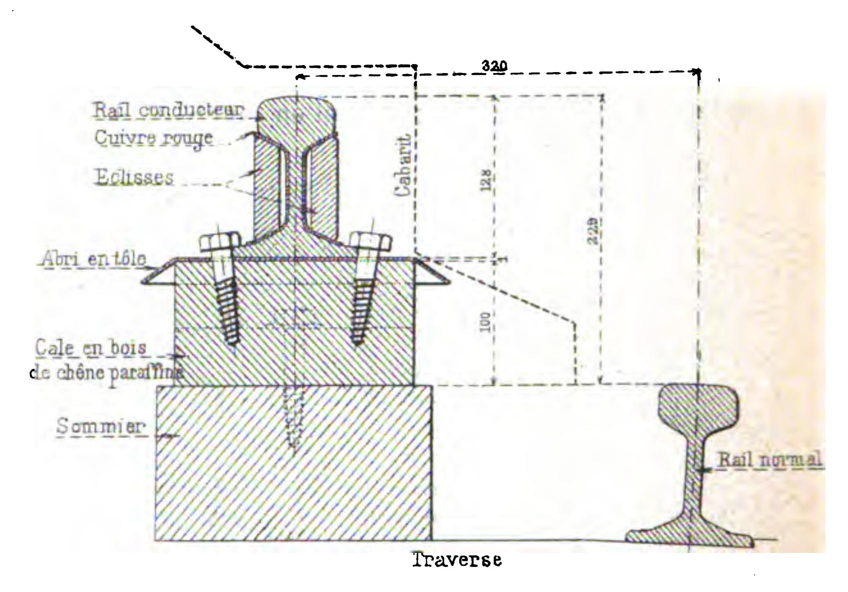


Fig. 2. — Support de troisième rail.
Embranchement minier de Montmartre à La Béraudière.

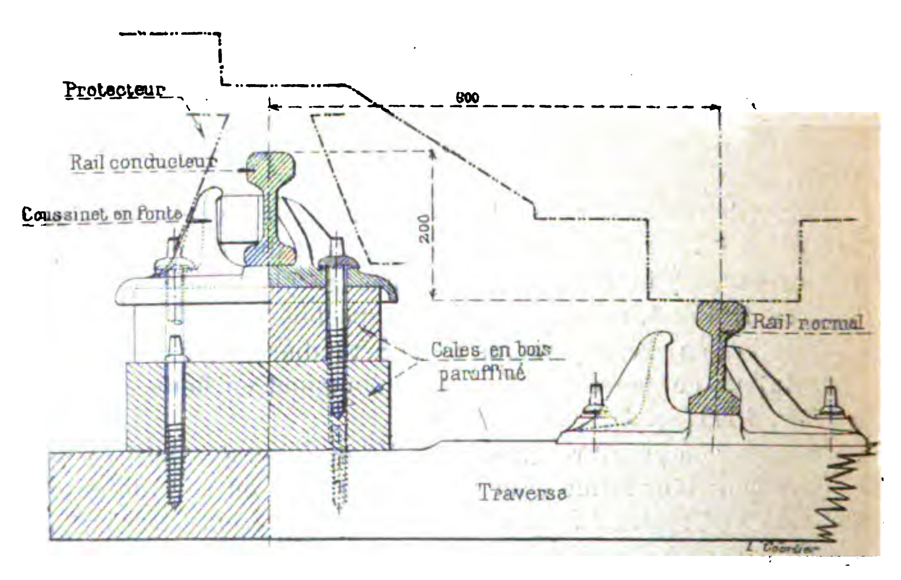


Fig. 3. — Support de troisième rail.
Ligne de Paris-Invalides à Versailles-Rive Gauche (Compagnie de l'Ouest).

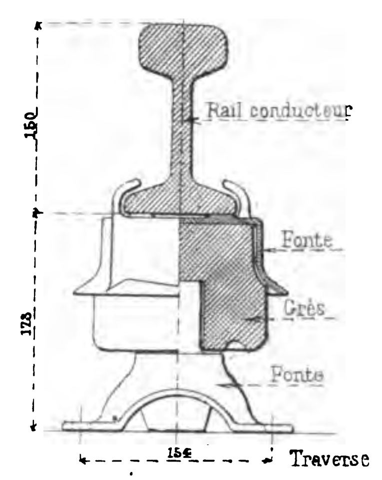


Fig. 4. — Support de troisième rail de la ligne de Milan à Gallarate.

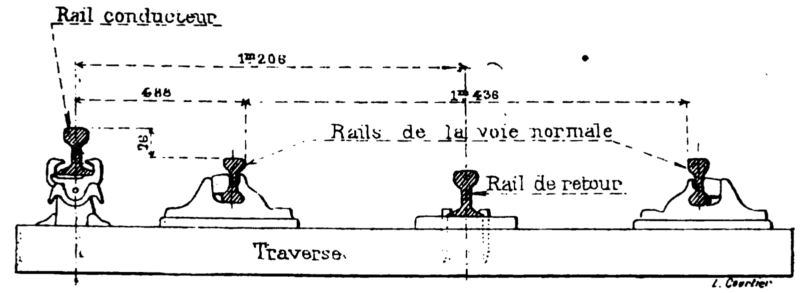


Fig. 5. — Ligne de Liverpool à Southport (Lancashire and Yorkshire Railway).

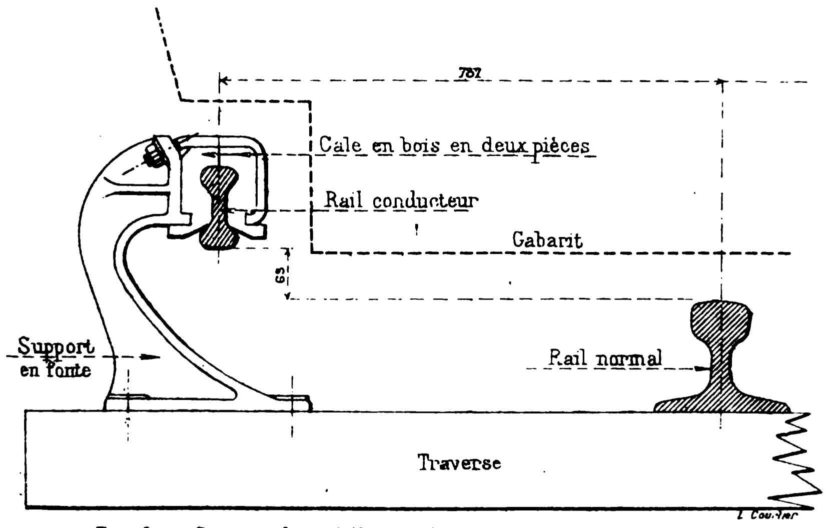


Fig. 6. — Support de troisième rail du New-York Central Railway.

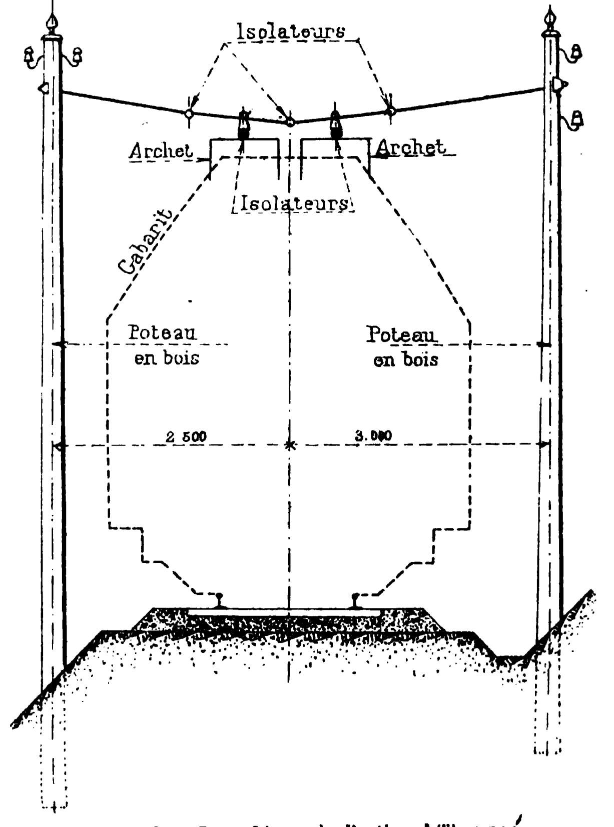


Fig. 7. — Ligne de Berthoud-Thoune.

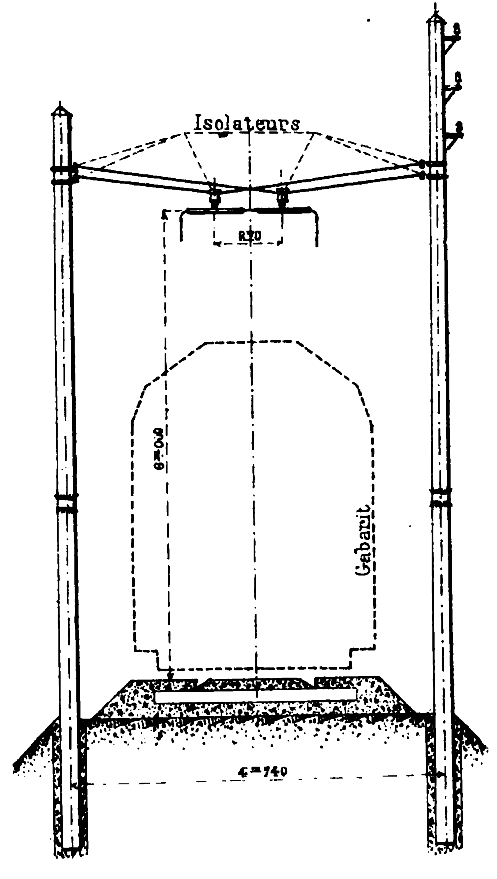


Fig. 8. — Chemins de fer de la Valteline.

locomotive; aussi les Américains ont-ils èu l'idée de tourner vers le sol la table de travail du rail conducteur, en le soutenant par un support en forme de C (disposition du N. Y. Central). (*Voir fig. 6.*)

Pour éviter les accidents dus au contact intempestif du troisième rail par les agents des gares, on a l'habitude de l'entourer de planches protectrices.

Il est facile de se rendre compte des complications qu'entraîne dans les gares l'équipement électrique de la voie au niveau du sol.

Toutefois, ceci ne donne pas de gros mécomptes d'exploitation ; au fond, les accidents sont rares.

Néanmoins, l'idée de revenir, pour les grosses puissances, à l'emploi du fil de trolley si simple et si économique poursuivait toujours l'électricien, mais il fallait élever la tension pour diminuer les intensités.

Le moteur à courant continu ne permettant pas de dépasser 500 à 600 volts, ce fut le moteur triphasé que l'on employa d'abord pour la réalisation de ce problème.

Dès 1898, s'installe la ligne de Berthoud-Thoune à 750 volts entre phases, équipée par Brown Boveri, prototype des lignes de montagne suisses.

Plus tard, vers 1901, c'est le tour des voies de la Valteline, équipées par Ganz à 3 000 volts entre phases. M. Léon Gérard a décrit, dans le Bulletin, ces installations en 1902.

Les figures 7 et 8 représentent les dispositions adoptées pour ces deux lignes.

Nous ferons simplement remarquer que la présence de deux fils aériens isolés l'un de l'autre et correspondant à deux phases du courant triphasé, la troisième étant à la terre, constitue une sérieuse complication de la voie aérienne, surtout dans les appareils. (*Voir fig. 9.*)

Malgré ces inconvénients, l'emploi des hautes tensions en courant triphasé a permis d'appliquer la traction électrique à certaines lignes pour lesquelles on n'aurait pas pu économiquement employer le courant continu.

En effet, il ne faut pas oublier qu'en outre des dépenses importantes occasionnées par le troisième rail au niveau du sol, la tension de 500 volts oblige à multiplier les points d'alimentation.

Rail au niveau du sol ou double fil aérien ne constituent, ni l'un ni l'autre, le dernier mot de la simplicité.

La traction monophasée, par suite de la facilité qu'elle donne d'employer des tensions élevées, devait permettre de revenir au fil aérien unique du tramway ordinaire.

Si l'on a à équiper une ligne devant, par exemple, comprendre des unités motrices de 1 000 kilowatts chacune, et que l'on veuille capter le courant à l'aide de deux trolleys ou archets avec un seul fil aérien, il suffira, pour ne pas dépasser 200 ampères par appareil de prise de courant, de choisir une tension équivalente à 2 500 volts, chiffre qu'il faudra, nous l'accordons, majorer dans une certaine mesure, par suite du décalage du courant alternatif.

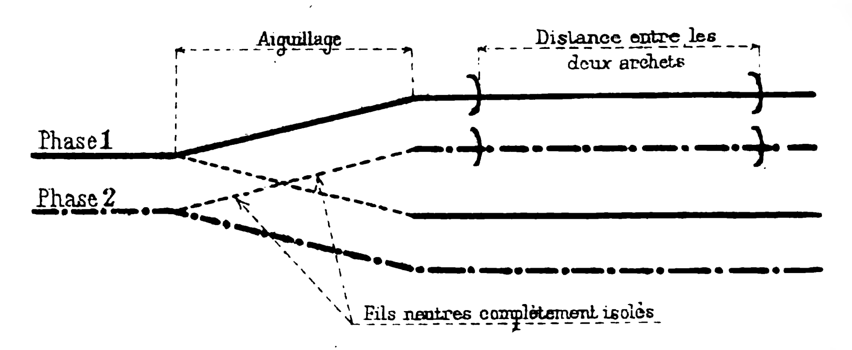


FIG. 9. — Schéma d'un aiguillage dans une ligne aérienne triphasée.

D'ailleurs, comme il est extrêmement facile, à l'aide d'un transformateur statique, d'abaisser, sur le véhicule moteur lui-même, la tension du courant à la valeur qui convient le mieux pour l'alimentation des moteurs, aucune difficulté importante ne viendra de ce chef.

Si donc nous supposons, pour un instant, le problème du moteur monophasé de traction résolu, l'Ingénieur aura à établir une voie aérienne à un seul fil, à haute tension (souvent 5 à 6 000 volts) devant permettre la prise du courant, la plupart du temps à grande vitesse.

La nécessité d'obtenir une isolation beaucoup plus parfaite qu'avec les tensions de 5 à 600 volts, a poussé l'électricien à éloigner le plus possible entre eux les points successifs où se fait à la fois l'isolation et la suspension du conducteur ; mais on aurait ainsi forcément obtenu, pour ne pas faire trop travailler

les fils à l'extension, des flèches de pose trop considérables qui eussent été fort gênantes, on le conçoit, à grande vitesse.

Aussi les constructeurs des lignes, imitant en cela les constructeurs des ponts suspendus, ont-ils employé, pour supporter leur conducteur de prise de courant, tout un système de câbles formant chaînettes.

De la sorte, le fil de travail supporté à des intervalles qui ne dépassent guère de deux à trois mètres, peut être, sans tension exagérée, amené à conserver presque l'horizontalité, sans flèche apparente.

Bien des systèmes divers : suspension à double chaînette droite, suspension à deux chaînettes obliques, ont été déjà appliqués et tous paraissent susceptibles de faire un excellent service.

Comme il y a deux fils, il y a d'ailleurs double sécurité *(Voir pl. 129, fig. 1, 2 et 3).*

Enfin, nous devons signaler le système Huber dans lequel la voie électrique consiste simplement dans un fil porté par des isolateurs droits placés à l'extrémité de poteaux *(Voir pl. 129, fig. 4).*

Dans l'établissement des lignes triphasées ou monophasées, il conviendra de tenir compte des effets spéciaux dus au courant alternatif (self-induction et autres...) qui ont d'autant plus d'importance que la fréquence est plus élevée.

Organes de prise de courant.

Les organes de prise de courant, soit pour le rail conducteur latéral, soit pour le fil aérien, ont été, eux aussi, notablement perfectionnés ; et, sans entrer dans de longs détails à leur sujet, il suffira de dire que les plus parfaits sont aujourd'hui ceux dont l'inertie a été aussi réduite que possible.

Sans parler des sabots frotteurs utilisés avec le troisième rail, l'organe de prise de courant pour ligne aérienne le plus employé est l'archet, dérivé de l'archet de Siemens ; disposé de manière à être reversible *(Voir pl. 129, fig. 5).*

On emploie également le pantographe, qui consiste en une barre de prise de courant supportée par un parallélogramme articulé, avec rappel à ressort ou à air comprimé *(Voir pl. 129, fig. 6).*

Enfin, pour le cas spécial de la voie Huber, on utilise une

sorte de doigt courbé supporté également par un parallélogramme mobile autour d'un axe horizontal et disposé de manière à venir s'appuyer latéralement sur le fil, lorsque ce dernier est latéral, ou bien, soit au-dessus soit au-dessous, quand le fil est dans le plan axial de la voie *(Voir pl. 129, fig. 7, 8, 9 et 10)*.

Pour éviter l'usure de l'archet en un seul point, on a l'habitude de placer le fil en zigzags par rapport à l'axe de la voie.

Tous ces appareils sont fréquemment commandés par l'air comprimé.

Bien entendu, dans le cas de la traction triphasée, l'archet est double et par suite plus compliqué.

Moteurs.

Nous avons dit que le moteur à courant continu, avec sa construction normale et son collecteur, ne permettait guère de dépasser une tension de 5 à 600 volts, c'est d'ailleurs toujours le moteur série que nous rencontrons.

L'emploi du moteur triphasé asynchrone, sans collecteur, a permis de reculer beaucoup plus loin, ainsi que nous l'avons vu, cette limite, puisqu'à la Valteline la ligne fonctionne sous une tension de 3000 volts. Mais d'un autre côté, la caractéristique de ce genre de moteur est de fonctionner à une vitesse à peu près constante voisine du synchronisme, quelles que soient les variations de l'effort de traction, ce qui, on le conçoit, peut offrir à la fois des avantages et des inconvénients dans les cas qui nous occupent.

D'ailleurs, dès que le train dépasse la vitesse correspondant au synchronisme, les moteurs deviennent générateurs et c'est ainsi que l'on a pu, dans maintes applications, profiter de cette qualité pour faire à la fois de la récupération et du freinage sur les pentes, sans d'ailleurs avoir à toucher aux appareils de manœuvre.

Dans le système monophasé le moteur employé à l'heure actuelle est toujours un moteur à collecteur. Tantôt nous rencontrerons le moteur-série qui, muni des perfectionnements les plus récents (enroulements de compensation, connexions résistantes, champ auxiliaire de commutation) (Lamme, Ben-Eschenburg, M. Latour, Richter) a les qualités du moteur série à courant continu, c'est-à-dire, en particulier, une vitesse croissant au fur et à mesure que le couple diminue.

Toutefois, en général, il donne un rendement un peu moindre et il conduit à une moins bonne utilisation des matériaux. *(Voir pl. 129, fig. 11, 12 et 13.)*

Tantôt nous nous trouverons en présence de moteurs dérivés plus ou moins directement du moteur à répulsion et qui avec des combinaisons diverses s'appelleront moteurs Latour, Lehmann, Winter et Eichberg, etc., etc.

Ces derniers moteurs auront aussi les caractéristiques générales des moteurs série. Ils offrent d'ailleurs cette particularité qu'aux environs du synchronisme il se développe un champ tournant. Cette circonstance est de nature à faciliter la commutation. *(Voir pl. 129, fig. 14, 15, 16 et 17.)*

Tandis qu'avec le moteur à courant continu et aussi avec le moteur asynchrone triphasé, le couple moteur peut être considéré comme sensiblement constant, avec le moteur monophasé, le couple est, comme le courant lui-même, pulsatoire, et l'on pourrait craindre que, par analogie avec ce qui se passe dans la locomotive à vapeur, le coefficient d'adhérence ne soit notablement diminué.

Des expériences effectuées tout récemment par Bergmann ont montré que ce coefficient diminuait avec la fréquence et que pour 25 périodes il était de 15 0/0 plus faible qu'avec le courant continu.

Appareils de régulation.

En ce qui concerne la régulation, tandis qu'avec le courant continu, nous rencontrerons partout le contrôle série parallèle sur lequel je n'insisterai pas, car il est universellement connu ; avec le courant triphasé, nous trouverons tour à tour la méthode ingénieuse des résistances dans le rotor de M. Maurice Leblanc, la disposition des moteurs en cascade afin d'obtenir deux vitesses de marche, comme à la Valteline (Ganz), et enfin, comme dans les très récentes locomotives du Simplon de la Société Brown-Boveri, la régulation par changement du nombre des pôles.

Avec le courant monophasé la régulation toute naturelle est celle que l'on obtient par la variation de la tension aux bornes du moteur, par l'emploi d'un transformateur statique à coefficient de réduction variable.

A signaler en passant l'absence de résistances dans ces appareils et, par suite, la possibilité d'avoir plusieurs vitesses économiques.

Traction à courant continu à haute tension.

Tandis qu'en certains endroits la traction monophasée se développait, certains ingénieurs, et à leur tête le savant électricien qu'est M. Thury, pensaient à reculer plus loin la puissance des unités motrices possibles à employer avec le courant continu et le fil aérien, en augmentant dans une certaine mesure la tension aux bornes des appareils de traction. C'est dans cet ordre d'idées que nous voyons, en 1903, M. Thury monter en série 4 moteurs de 600 volts pour constituer une locomotive destinée aux chemins de fer de la Mure, de façon à pouvoir l'alimenter avec du courant continu à 2 400 volts ; puis, pour éviter dans une certaine mesure les dangers du patinage, diviser cette tension en deux ponts de 1 200 volts chacun, en faisant un retour par la voie de roulement.

On peut ainsi à l'aide de deux archets, prenant le courant sur

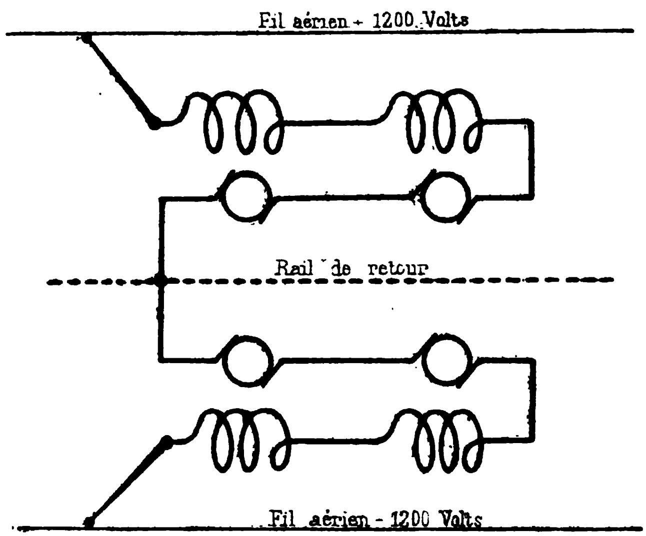


Fig. 10. — Schéma des locomotives électriques de La Mure.

deux fils à ± 1 200 volts, utiliser de 500 à 600 kilowatts avec une intensité de 250 ampères environ. *(Voir fig. 10.)*

Cette très intéressante installation, qui a montré combien il était facile de capter le courant continu à de semblables tensions, paraît avoir tenté les électriciens et les avoir incités à orienter

leurs recherches du côté du moteur à courant continu à tension plus élevée.

Nous voyons en effet apparaître depuis quelque temps des lignes à courant continu équipées avec des moteurs fonctionnant sous des différences de potentiel de 1 000 et même 1 500 volts chacun.

Il faut dire d'ailleurs que l'amélioration principale apportée à ces moteurs par rapport aux anciens consiste, dans presque tous

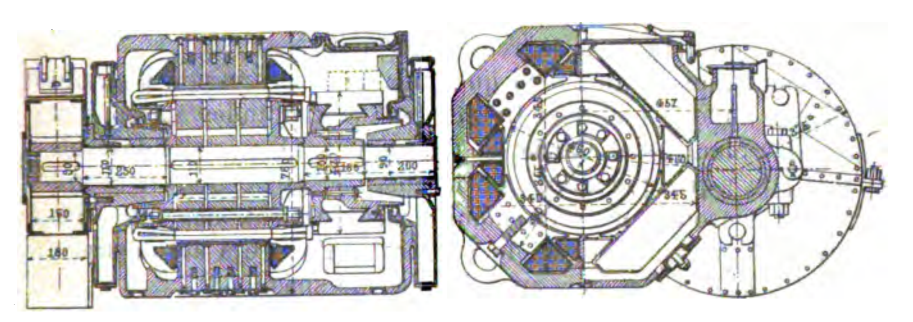


Fig. 11. — Ligne de Cologne à Bonn. Moteur de 130 ch à 990 volts. (Siemens.)

les cas, dans la compensation des effets de la réaction d'induit au moyen de pôles auxiliaires. (*Voir fig. 11.*)

Il y a là incontestablement un effort nouveau qui, espérons-le, portera ses fruits.

Essais divers.

Bien que, dans ce mémoire, il ne doive être question que de systèmes appliqués et ayant dans une certaine mesure fait leurs preuves, nous dirons quelques mots d'un certain nombre d'essais exécutés dans le cours de ces dernières années et qui touchent de plus ou moins près aux applications de la traction électrique aux chemins de fer.

Lorsqu'il s'agit de régler la marche d'appareils puissants de traction, comme ceux que l'on est appelé à employer dans les chemins de fer, on se trouve en présence de quantités considérables d'énergie dont la manipulation ne laisse pas que de présenter des difficultés et occasionne dans certains cas des pertes importantes, en particulier dans les systèmes à résistances.

Or, en général, tout revient à pouvoir régler la tension aux bornes d'entrée des moteurs. C'est ce que Ward Léonard a résolu il y a bien longtemps déjà en transformant sur la locomotive elle-

même le courant capté sur la voie à tension constante, pour le distribuer à tension variable aux moteurs.

Cette idée a été reprise récemment en Suisse par M. Huber qui, prenant du courant monophasé, le transforme sur la machine au moyen d'un moteur-générateur en courant continu à tension variable envoyé ensuite aux moteurs d'essieux.

En France, M. Auvert, des chemins de fer P.-L.-M., résout le même problème en redressant le courant alternatif capté sur la ligne et en en faisant varier la tension au moyen d'un intéressant appareil qu'il a appelé redresseur-régulateur.

Nous tenons enfin à dire quelques mots des essais à grande vitesse auxquels se sont livrées les deux grandes maisons de Berlin : Siemens et Halske et l'Allgemeine Electricitäts Gesels-chaft, il y a quelque deux ou trois ans, à Zossen, et dont le compte rendu se trouve dans de nombreuses publications. Ces essais dans lesquels la vitesse de 200 km. à l'heure a été dépassée, ont été fort intéressants au point de vue spéculatif.

Ils ont nettement montré que, si l'électricité paraissait susceptible de reculer les limites pratiques des vitesses acquises par la locomotive à vapeur, ce devrait être, non sur des lignes ordinaires, mais sur des plates-formes spéciales contruites pour le but poursuivi. On ne peut donc à notre avis envisager, pour le moment du moins, la réalisation de semblables travaux si l'on veut s'en tenir à un programme économique raisonnable.

Laissons donc de côté les essais pour examiner maintenant les différents problèmes que la traction électrique a déjà résolus et aussi ceux dont elle permet, à l'heure actuelle, d'envisager la solution.

Traction électrique par locomotives.

Une première catégorie d'applications comprend la remorque sur des sections spéciales des convois ordinaires de chemins de fer.

Ces convois sont composés, le plus souvent, de véhicules de provenances diverses sur lesquels il est impossible de monter des appareils moteurs électriques.

Dans cette catégorie se rangent tout d'abord la remorque des trains sur les sections de ligne qui doivent pénétrer en souterrain sous les villes, soit pour aboutir à une gare terminus, soit pour traverser les villes elles-mêmes, et aussi les applications aux

tunnels de grande longueur destinés, le plus souvent, à mettre en communication, à travers les montagnes, des pays voisins.

Ce qui caractérise ce premier cas, c'est qu'il est indispensable d'employer des tracteurs spéciaux que l'on vient substituer à la locomotive à vapeur à l'origine de la section où les circonstances nécessitent l'emploi de la traction électrique.

Il est facile de démontrer que le nouveau mode de traction, ainsi employé, ne présente qu'une certaine partie de ses avantages. En effet, s'il permet de supprimer la fumée, la vapeur, les gaz délétères que donne l'emploi des locomotives à vapeur, il n'améliore que peu les conditions dans lesquelles s'effectue la traction proprement dite du convoi.

L'effort de traction disponible aux jantes de l'appareil moteur, qu'il soit à vapeur ou électrique, ne dépendra absolument que du poids supporté par les essieux moteurs.

Si donc on veut obtenir des mises en vitesse rapides, il faudra disposer d'un poids adhérent important.

Ceci, étant données les limites imposées par la construction des voies, est purement une question de nombre d'essieux moteurs. Je sais bien que les électriciens seront portés à faire valoir que l'électricité permet, mieux que n'importe quel agent, l'accouplement d'un grand nombre d'essieux et qu'en outre, grâce à la constance des efforts moteurs, le coefficient d'adhérence est plus élevé; mais il faut dire aussi que la locomotive à vapeur moderne a résolu, dans des cas que l'on peut considérer comme spéciaux, l'accouplement d'un assez grand nombre d'essieux moteurs.

Ce sont donc là, à notre avis, des différences pour ainsi dire de détail.

Il faut donc chercher ici uniquement la justification de la traction électrique dans les qualités qui ont été tout d'abord énoncées, et en particulier dans la suppression des gaz délétères.

D'ailleurs, comme les convois qu'il s'agit en général de remorquer sont très lourds, c'est dans ces applications que l'on rencontre les puissances mises en jeu les plus considérables.

Les applications effectuées ou en cours d'exécution sont nombreuses. Nous pouvons citer, en premier lieu, parmi celles qui ont pour but la remorque des trains jusque dans les terminus des grandes villes, l'installation faite par la Compagnie d'Orléans entre la gare d'Austerlitz et celle du quai d'Orsay, avec courant

continu 500 volts, rail latéral, tracteurs à quatre essieux moteurs de 45 t environ de poids adhérent. Cette installation exécutée en 1900 a depuis été prolongée pour partie des trains sur une longueur de 20 km environ jusqu'à la gare de Juvisy;

L'installation du New-York Central Railway. Cette gare terminus de la ville de New-York est destinée à recevoir les trains du New-York Central et du New-York Newhaven and Hartford Railway.

Le courant est continu à 600 et 650 volts. Rail latéral renversé décrit plus haut.

Deux types de locomotives : la première, pour le New-York Central, construite par la General Electric C°, destinée à fonctionner exclusivement sous le courant continu et comprenant six essieux dont les quatre du milieu sont moteurs. Sur chaque essieu moteur est monté, directement calé sur lui, un induit. Les inducteurs font, au contraire, partie intégrante du châssis et forment, pour ainsi dire, une carcasse magnétique unique, de telle sorte que chaque induit, par les oscillations des essieux, se déplace verticalement entre les masses polaires. Les locomotives *(fig. 12)* ont une puissance de 2 200 chx comptée suivant la méthode américaine, c'est-à-dire que la puissance annoncée peut être tenue pendant une heure avec un échauffement au moteur de 75 degrés au-dessus de l'ambiante. *(Voir pl. 129, fig. 18.)*

Le second type de locomotive, appartenant à la Compagnie du N.-York Newhaven and Hartford Railway, est destinée, au contraire, à fonctionner, soit sur le courant continu à 600 volts des installations du N.Y-. Central, soit sur le courant monophasé à 11 000 volts 25 périodes, des embranchements du N.-Y. Newhaven. Construite par la Société Westinghouse, elle comprend quatre essieux moteurs de 250 chx, à action directe. *(Voir fig. 19, pl. 129.)*

Les moteurs, au lieu d'être portés directement sur l'essieu, sont, comme cela a lieu pour les moteurs de la ligne de Versailles, reliés à la roue par un entraînement élastique et montés sur un tube concentrique à l'essieu. *(Voir fig. 20 et 21, pl. 129.)*

Dans ce type de machine le réglage du courant se fait pour l'alternatif au moyen d'un transformateur statique à coefficient de transformation variable, et pour le courant continu au moyen d'un contrôleur rhéostatique ordinaire, les moteurs étant mis en série.

Les moteurs sont d'ailleurs alimentés à 250 volts courant

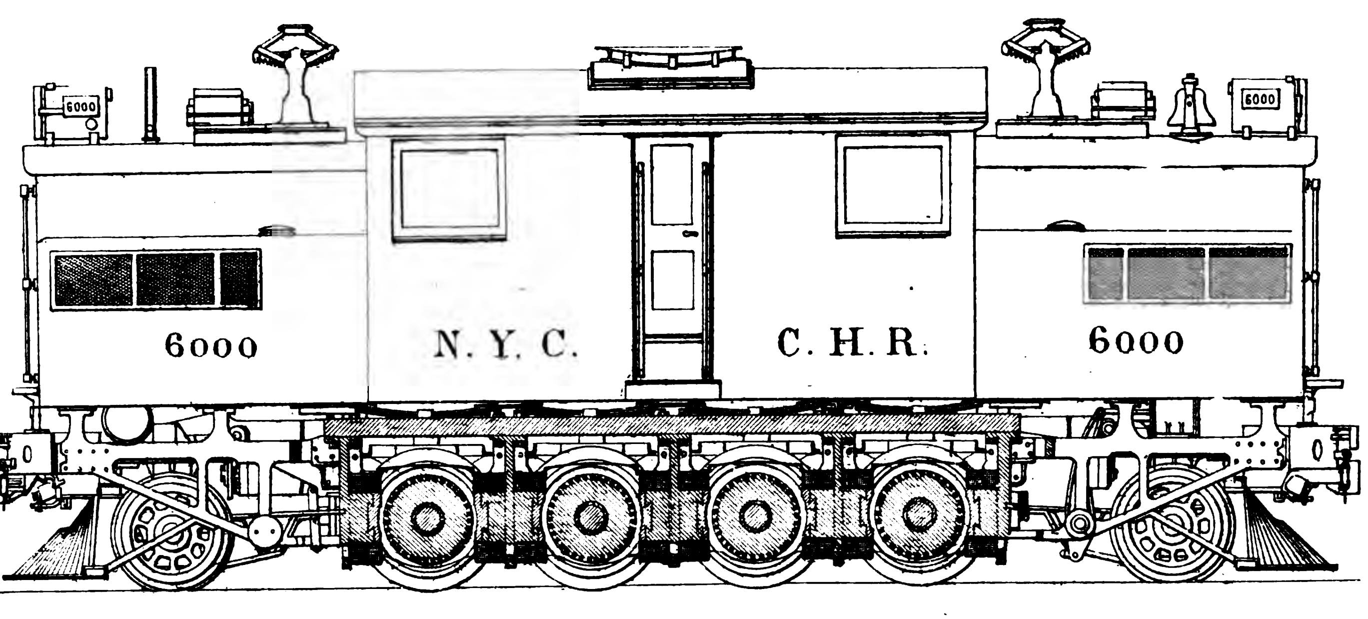


Fig. 12. — Coupe longitudinale de la locomotive du New-York Central Railway.

alternatif et 300 volts courant continu (deux en série, 600 volts).

La prise de courant est faite au moyen d'un pantographe et de frotteurs.

Ces locomotives munies du système à unités multiples (nous y reviendrons plus loin) peuvent être accouplées deux à deux et gouvernées d'un seul poste de manœuvre.

Parmi les installations faites pour la traversée des souterrains, nous pouvons citer la ligne du tunnel passant sous la ville de Baltimore (Ohio) datant de 1895 et sur laquelle nous n'insisterons pas étant données les nombreuses publications dont elle a fait l'objet.

Nous rappellerons simplement que cette ligne comprend des tracteurs à quatre essieux moteurs recevant du courant continu à 550 volts.

La prise de courant qui était tout d'abord placée à la partie supérieure et à la voûte du tunnel, ainsi qu'il a été dit précédemment, est devenue aujourd'hui un rail latéral.

Une seconde application est celle de la ligne de Paris-Invalides à Versailles, équipée à l'électricité (courant continu 500 volts) tout d'abord à cause du tunnel de Meudon de 3600 m de longueur, en rampe continue de 8 mm et aussi pour supprimer les fumées aux abords de la gare des Invalides.

Les trains sont ici remorqués par des tracteurs — fourgons à quatre essieux d'une puissance analogue aux tracteurs de l'Orléans, et qui ne présentent comme disposition spéciale, au point de vue de l'équipement électrique, que l'emploi sur un certain nombre de ces locomotives de moteurs à action directe avec entraînement élastique à ressorts à boudins.

Une application vraiment intéressante a été faite dans le tunnel de Sarnia (Michigan, États-Unis), tunnel passant sous le lit d'un fleuve. Le tronçon équipé à l'électricité a une longueur de 6 km environ et les trains à remorquer, sur une rampe de 20 mm par mètre, ont un poids de 500 t.

Les tracteurs employés par cette exploitation comprennent deux véhicules à trois essieux moteurs.

Chaque essieu porte un moteur de 250 chx, le groupe de deux unités pèse 125 t.

Cette installation a été exécutée par la Société Westinghouse et le courant est du courant alternatif monophasé à 3300 volts 25 périodes, fil aérien.

Là comme au N.-Y. N.-H. on trouve le système à unités multiples.

Au tunnel du Simplon livré à l'exploitation depuis juin dernier, le service est fait au moyen de tracteurs à courant alternatif triphasé, alimentés par un double fil aérien à 3000 volts 16 périodes. Les tracteurs qui sont, soit du type Brown-Boveri, soit du type Ganz, comprennent cinq essieux dont les deux extrêmes sont porteurs et les autres moteurs.

Dans le tracteur du type Ganz, les essieux moteurs sont actionnés, par l'intermédiaire de bielles et de manivelles, par deux axes sur chacun desquels sont calés les rotors de deux moteurs triphasés. L'ensemble comprenant ainsi quatre moteurs, dont deux à haute tension et deux à basse tension ; chaque axe portant un moteur de chaque espèce.

Le réglage de la vitesse se fait ici, comme nous l'avons dit, par la méthode dite de la cascade et par les résistances de Leblanc. *(Voir pl. 129, fig. 22.)*

Dans les machines de Brown Boveri, au contraire, la disposition mécanique est absolument la même, mais au lieu de quatre moteurs il en existe deux seulement, le réglage se faisant par le changement du nombre de pôles et par des résistances dans le rotor, méthode de Leblanc. *(Voir pl. 129, fig. 23.)*

La puissance des moteurs de ces locomotives est de 450 ch, soit au total 900 ch. Puissance maxima, 2 500 ch. Le diamètre des roues est de 1,640 m. Poids adhérent, 42 t. Poids total, 62 t. Ces locomotives sont organisées de manière à marcher à deux vitesses de régime : 34 et 68 km à l'heure. Elles sont susceptibles de donner des efforts de traction d'environ 10 000 kil. *(Voir fig. 13 et 14.)*

Les chemins de fer fédéraux suisses font construire en ce moment, pour compléter l'équipement du Simplon, des tracteurs à 4 essieux moteurs à adhérence totale, dont la partie électrique comprendra deux moteurs à la fois à changement de pôle dans le stator, avec rotor hexaphasé, et à changement de connexions dans les rotors, de manière à avoir quatre vitesses de régime au lieu de deux des locomotives actuelles.

Les chemins de fer de l'État Italien viennent de confier à la Société Westinghouse l'équipement en courant triphasé du tunnel à grand trafic de Giovi, entre Gênes et Turin ; cette installation comprendra, dit-on, de 20 à 25 tracteurs de 1 500 ch.

Fig. 13. — Locomotive du Simplon (Brown-Boveri et Cie).

En Suisse, on s'occupe également de l'équipement électrique du Loetschberg, qui va réunir Berne au Simplon.

Enfin, nous signalerons qu'en Suède et en Suisse on a organisé depuis quelque temps à la fois des essais et des enquêtes pour se rendre compte des avantages que l'on pourrait tirer de l'application de l'électricité à la traction, et, bien entendu, les

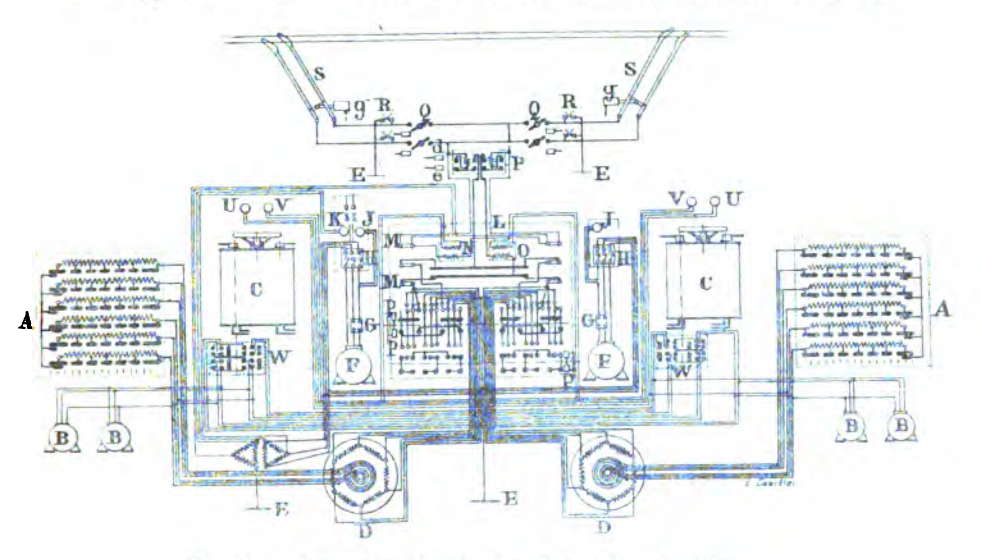


Fig. 14. — Locomotive du Simplon (Brown-Boveri). Schéma.

A, résistances de démarrage.
B, moteurs pour les ventilateurs.
C, contrôleurs.
D, moteurs de traction.
E, mises à la terre.
F, moteurs pour les compresseurs.
G, interrupteurs automatiques pour les moteurs F.
H, interrupteurs.
L, caisse pour les appareils à haute tension.
M, coupe-circuits.
S, archets de prise de courant.
W, commutateurs pour les moteurs des ventilateurs.
J, K, N, O, ET, U, V } instruments et appareils de mesure.

essais se font principalement avec des locomotives électriques spéciales plutôt qu'avec des voitures automotrices.

En Suisse, les Chemins de fer fédéraux, d'accord avec la Société d'Œrlikon, d'une part, et la Société Siemens Schukert, d'autre part, poursuivent, sur le tronçon Seebach-Wettingen, toute une série d'expériences, et les locomotives d'Œrlikon font, depuis près de deux ans, une notable partie du service.

La ligne est équipée suivant le système Huber (courant monophasé 15 000 volts).

Deux locomotives sont actuellement en service : l'une avec transformateur tournant, déjà citée, l'autre avec des moteurs monophasés présentés plus haut.

Chaque locomotive est à quatre essieux moteurs et à deux moteurs de 200 ch actionnant les essieux par bielles et manivelles. *(Voir pl. 129, fig. 24.)*

Les essais que l'on poursuit en Suède portent à la fois sur la ligne, les organes de prise de courant et le matériel moteur. Ces essais, très méthodiquement conduits, ont pour but de renseigner en particulier sur la tension à adopter en courant monophasé et sur les différents types de moteurs. Les essais comprennent une locomotive Siemens, une de Westinghouse et une voiture automotrice de l'A. E. G.

La première catégorie d'applications dont nous venons de parler constitue, comme on le voit, une simple adaptation de la traction électrique à la remorque de convois établis pour être normalement conduits par la locomotive à vapeur. Nous ne saurions voir là le véritable champ d'applications réservé à la traction électrique, car elle opère dans des conditions visibles d'infériorité relative.

Traction sur les lignes de banlieue.

Aussi, une seconde classe d'applications, plus intéressante au point de vue qui nous occupe, est-elle constituée par la traction électrique sur les lignes de la banlieue des grandes agglomérations.

Ici, en effet, dans la plupart des cas, il faut transporter à certaines heures, le matin, à midi et le soir, dans un seul sens en général, un énorme afflux de voyageurs et offrir, pendant le reste du temps, c'est-à-dire pendant les heures mortes de la journée et de la soirée, un nombre suffisant de départs pour favoriser les relations qui s'établissent naturellement entre la grande agglomération et sa banlieue en dehors des voyages rendus obligatoires par les nécessités du travail.

Il faut aussi lutter efficacement avec le flot toujours montant des moyens de transport de toute nature mis à la disposition des habitants de la banlieue pour se rendre dans la ville : et, il faut bien le noter, la traction électrique, appliquée tout d'abord aux tramways des villes et des faubourgs, puis aux tramways suburbains, les a favorisés dans une très large mesure.

L'application de la traction électrique a permis, on le sait, d'obtenir des vitesses de transport dans ces cas spéciaux notablement plus grandes qu'elles ne l'étaient autrefois.

Dans ces conditions, on comprend qu'il soit nécessaire, dans les installations de traction électrique de chemins de fer suburbains, d'arriver à des temps de transport extrêmement réduits.

Pour cela, étant données les distances en général assez courtes entre les stations successives, il ne suffirait pas d'augmenter la vitesse de pleine marche, il est nécessaire aussi de jouer sur le temps de mise en vitesse et par suite sur l'accélération à imprimer au convoi.

Or, pour résoudre, techniquement parlant, un problème aussi complexe, il est indispensable de pouvoir modifier facilement la composition des convois, et d'obtenir des efforts de traction très élevés pendant les mises en vitesse.

Avec la traction à vapeur la modification de la composition des trains peut évidemment se faire, mais il faudra toujours conserver en tête de chaque train la même locomotive, quelle que soit d'ailleurs la composition du convoi. En ce qui concerne les accélérations pendant les mises en vitesse, l'expérience semble prouver qu'il faut environ 0,50 m par seconde par seconde. Or, ceci correspond à un effort de traction de 50 kg par tonne de train. Et, comme avec la traction à vapeur il ne faut guère compter sur un coefficient d'adhérence de plus de 15 0/0, une telle accélération exigera un poids adhérent équivalent sensiblement au tiers du poids total du convoi.

Si nous supposons une rame de 150 tonnes au total, il faudra pour la remorquer une locomotive ayant un poids adhérent de 50 t environ, soit une machine qui pèsera très probablement en ordre de service près de 80 tonnes.

C'est dire à peu près la moitié du poids total du convoi.

Ces quelques considérations suffisent à montrer, sinon l'impossibilité, du moins la difficulté que présente la solution d'un tel problème à l'aide de la locomotive à vapeur.

Si au contraire, nous cherchons à résoudre le même problème avec l'électricité, il est indispensable d'employer un système qui permette le fractionnement des convois et donne dans chaque fraction un effort de traction suffisant pour la mise en vitesse dans les conditions relatées plus haut. Effort pour ainsi dire proportionné au poids à mettre en circulation.

La réalisation d'un tel programme comporte évidemment

l'utilisation comme poids adhérent de tout ou partie du poids du convoi et par suite la répartition sous les divers véhicules du train des moteurs électriques destinés à actionner les essieux.

De là la nécessité d'adopter un dispositif permettant de régler la marche des différents moteurs du train d'un seul poste de commande placé en tête de la fraction du convoi qu'il s'agit de conduire.

Enfin, l'obligation d'avoir autant de postes de commande dans un convoi que l'on veut pouvoir obtenir de fractions.

Et en dernier lieu le besoin évident d'avoir dans chaque fraction un poste de manœuvre à chaque extrémité afin de pouvoir effectuer la marche dans les deux sens sans retournements.

La solution de ce problème en apparence au moins extrêmement complexe, et qui consiste à pouvoir régler d'un point, pour ainsi dire quelconque d'un train, la marche des moteurs électriques répartis sous les divers véhicules, est résolue d'une façon aussi élégante que complète par l'emploi des systèmes, dits à unités motrices multiples, dont Sprague a été l'initiateur.

Sans vouloir nous étendre ici longuement sur les détails d'une question aussi complexe, question qui d'ailleurs a été complètement traitée dans le Bulletin à diverses reprises, nous nous permettrons de rappeler que tout système à unités multiples comprend pour chaque véhicule moteur un ensemble d'organes destinés à effectuer pour le réglage de la vitesse les connexions utiles entre les moteurs et leurs appareils régulateurs (résistances, transformateurs, etc.)

Ces organes eux-mêmes sont mis en action de l'un quelconque des différents postes de commande du train par l'intermédiaire d'agents divers qui seront, suivant les cas, soit l'électricité, soit l'air comprimé, soit les deux combinés.

Nous voici donc en possession d'un système qui va permettre, aux heures mortes de la journée, de lancer sur la ligne un nombre suffisant de trains pour offrir aux voyageurs toutes les facilités désirables, chacun de ces trains comprenant à peu près le nombre strict de places jugé nécessaire. Ce résultat sera obtenu par le fractionnement rationnel des rames.

Aux heures chargées, au contraire, l'accouplement de plusieurs fractions, dont la marche sera réglée d'un seul poste de manœuvre par un seul agent, donnera le moyen d'utiliser aussi complètement que possible la puissance de transport de la ligne en y

lançant, à des intervalles aussi rapprochés que peuvent le permettre les systèmes de block les plus perfectionnés, des convois offrant au public le plus grand nombre de places possible.

Si l'on examine de près le fonctionnement des systèmes à unités multiples, on voit, ainsi que le faisait très justement remarquer M. Gérard dans une communication faite il y a quelques années à notre Société, qu'il est pour ainsi dire le symétrique du frein continu.

Lorsque les mécaniciens, en effet, ont voulu obtenir un freinage énergique, c'est-à-dire une accélération négative importante, ils ont cherché à mettre dans la main du machiniste un moyen qui lui permît de freiner simultanément la plupart des essieux du convoi en utilisant ainsi le frottement disponible à la jante de toutes les roues freinées.

Lorsque les électriciens ont eu à produire une mise en vitesse rapide, c'est-à-dire une accélération positive importante, ils ont réparti leur puissance motrice sur un grand nombre d'essieux, de façon à obtenir un poids adhérent correspondant aux efforts de traction importants qu'ils avaient à utiliser.

A ce propos, il convient d'examiner attentivement quelle sera la fraction du poids du convoi qu'il faudra ici avoir comme poids adhérent, ce qui déterminera pour l'électricien la répartition des essieux moteurs.

Les accélérations auxquelles on était habitué avec le régime de la traction à vapeur variaient, suivant le cas, de 15 à 30 cm par seconde, seconde ; mais les exigences des services ont rapidement conduit, depuis l'emploi de la traction électrique, à des mises en vitesse faites à raison de 50 et même 60 cm par seconde seconde ; ce qui correspond, on l'a vu, à 50 ou 60 kg d'effort aux jantes par tonne de convoi. Si l'on ajoute à cela la résistance au roulement, que nous évaluerons à 5 kg au plus, les efforts totaux à mettre en jeu seront de l'ordre de 65 kg par tonne de train.

Avec le courant continu ou le courant triphasé, c'est-à-dire avec des moteurs à couple sensiblement constant, l'expérience montre que l'on peut compter sur un coefficient d'adhérence d'au moins 1/5.

Dans ces conditions, le patinage commencera à se produire pour un effort de 200 kg par tonne de poids adhérent.

Il faudra donc avoir, au minimum, le tiers du poids total du train sur les essieux moteurs.



Comme les essieux moteurs, par suite de la présence des organes électriques, supportent plus de poids que les autres, on arrive en général à rendre moteurs, au minimum, le quart du nombre total des essieux.

Avec les moteurs monophasés, dont le couple est, nous l'avons dit, pulsatoire, le coefficient d'adhérence baisse de 15 à 20 0/0 environ, suivant la périodicité, il ne faudra guère descendre au-dessous du tiers des essieux moteurs; en pratique, d'ailleurs, il n'est pas rare de trouver des installations dans lesquelles on a rendu moteurs la moitié des essieux.

Le système à unités multiples permettra, grâce à son élasticité, bien d'autres combinaisons intéressantes pour l'exploitation des lignes.

On conçoit très bien, par exemple, qu'il puisse permettre de lancer dans un seul convoi, partant d'une gare principale, plusieurs fractions de trains, momentanément accouplées et destinées, après avoir parcouru un tronc commun, à se répartir dans des directions diverses.

Cependant, cette solution séduisante a un léger revers: on voit très bien le convoi s'égrener dans des directions différentes en partant du tronc commun, mais il pourra se faire que l'on ait au retour certaines difficultés à ressouder, à des heures mathématiquement calculées, les diverses fractions.

Il faut reconnaître, d'ailleurs, que ce problème que l'on résout déjà avec la traction à vapeur, sera rendu ici notablement plus facile par le fait que chacune des fractions sera automotrice et pourra, au besoin, en cas de retard, s'intercaler elle-même entre les convois qui parcourent le tronc commun.

La répartition des moteurs sur un certain nombre des essieux du train, aura pour conséquence de réduire dans une notable proportion la fatigue des voies par suite de la diminution du poids supporté par chaque paire de roues motrices. En effet, tandis qu'avec la vapeur il n'est pas rare de trouver dans les locomotives modernes des essieux chargés à plus de 17 et même 18 t, avec le système à unités multiples, on ne dépasse guère 10 à 12 t, 7 à 8 pour la partie du poids correspondant au véhicule, 3 ou 4 pour le moteur électrique.

D'autre part, alors que les locomotives à vapeur utilisent tout leur poids adhérent, on se trouvera, avec l'électricité, dans certains cas, dans l'obligation de n'en utiliser qu'une partie; en effet, pour utiliser toute l'adhérence dont on dispose, il serait

nécessaire que le moteur électrique puisse exercer un effort aux jantes capable de faire patiner les roues. Un tel moteur est facile à construire pour de faibles vitesses ; mais aussitôt que l'on arrive aux grandes allures, la place disponible sous le véhicule normal à voyageurs devient insuffisante pour loger sur l'essieu un moteur assez puissant.

Une conséquence de ce fait est l'obligation, pour obtenir la puissance nécessaire, de répartir les moteurs sur un plus grand nombre d'essieux que ne l'exigerait la condition stricte de l'adhérence.

Au point de vue mécanique, ceci n'aura que des avantages ; au point de vue électrique, il n'en est pas de même : si le moteur était suffisamment puissant pour produire le patinage, nous aurions un véritable limiteur d'intensité qui fonctionnerait automatiquement pour diminuer le courant dès que le patinage commencerait, par suite de l'effet bien connu de l'augmentation instantanée des forces contre-électromotrices, conséquence de l'augmentation de vitesse de rotation de l'essieu.

Si, au contraire, comme dans le cas présent, le moteur n'est pas suffisamment puissant, il est indispensable de le protéger par un limiteur d'intensité indépendant.

Voici donc l'électricien arrivé à avoir trop d'adhérence, à l'inverse du mécanicien.

Mais, ceci n'est qu'un bien petit inconvénient à côté de tous les avantages que nous avons énumérés à propos de l'emploi de la traction électrique avec le système à unités multiples. Cependant, malgré tout le côté séduisant de ce genre d'applications, il convient de dire de suite que les dépenses d'établissement de semblables installations sont, toutes choses bien considérées, très notablement plus élevées pour la traction électrique que pour la traction à vapeur.

La locomotive à vapeur ne représente en effet, en capital, guère qu'un prix équivalent à celui de l'équipement électrique du matériel roulant des lignes.

Il faut donc compter en plus, comme capital à engager, toute la partie fixe de l'installation, c'est-à-dire l'équipement électrique des voies, les postes de transformation statiques ou rotatifs, les canalisations à haute tension, et, enfin, les usines génératrices.

Si donc on cherche à comparer le prix de revient, soit du train-kilomètre, soit de la tonne kilométrique remorquée, soit

de la place kilométrique offerte, on arrivera, en faisant bien entendu entrer dans ce prix, non seulement les dépenses d'exploitation, mais aussi les charges de capital, on arrivera, suivant les circonstances, à des résultats qui pourront être favorables à la traction à vapeur.

Étant donné surtout que l'on sera tenté de se contenter, dans le cas de l'emploi de la vapeur, de mises en vitesse moins rapides et par suite, aussi, surtout si les stations sont rapprochées, de temps de transport un peu plus considérables.

Nous ne pensons pas, d'ailleurs, qu'il faille chercher là les éléments de comparaison entre ces deux modes de traction, mais bien plutôt dans l'examen des résultats probables de l'ensemble des opérations d'exploitation et des charges de capitaux d'une ligne exploitée par l'un ou par l'autre des systèmes.

Voici donc de nouveaux arguments en faveur de la traction électrique et ceci aura d'autant plus de poids si l'on remarque que dans certains cas (à Milan, à Newcastle et à Liverpool) la traction électrique a permis de ne pas augmenter ces installations si coûteuses des gares et en particulier des gares terminus principales.

Si nous prenons comme exemple la gare Saint-Lazare, il serait aisé de montrer qu'une seule voie à quai représente l'immobilisation d'un capital qui ne s'éloigne pas de 4 à 5 millions.

On conçoit facilement que les frais supplémentaires d'installation de la traction électrique puissent trouver une large compensation dans les travaux d'agrandissement qu'elle évitera d'exécuter.

Nous voici loin de l'examen brutal du prix de revient de la tonne kilométrique.

Ce sont pourtant tous ces ensembles de considérations que les chemins de fer ont à envisager et ce n'est que par un examen approfondi fait par tous leurs services des comptes généraux d'une ligne que l'on pourra juger si l'application de la traction électrique s'impose ou doit être rejetée.

Tant que les lignes à équiper électriquement n'ont qu'une faible longueur et un trafic suffisant pour justifier un nombre important de convois, la traction à courant continu ordinaire (5 à 600 volts) trouve en général là une application satisfaisante au point de vue technique et économique, malgré les impédimenta dus à la voie électrique et dont nous avons parlé.

Il n'est est pas de même quand il s'agit d'équiper des lignes

s'éloignant davantage des centres de population et quelquefois même destinées à réunir entre elles deux agglomérations importantes souvent éloignées de plus de 50 km.

Dans ces cas, la traction à courants alternatifs reprend le dessus par suite de l'économie qu'elle permet de réaliser dans l'établissement des sous-stations et de la voie (le matériel roulant, plus cher que pour le courant continu, étant ici relativement peu important).

Les frais d'exploitation eux-mêmes sont d'autant plus réduits par rapport au courant continu que la fréquence des convois est moins grande, cela notamment par suite de la suppression du gardiennage des sous-stations, obligatoire dans le cas du courant continu.

On examinera dans chaque cas particulier quel est le système qu'il convient d'adopter. Souvent, ainsi que le montreront les exemples que nous allons maintenant passer en revue, des circonstances locales difficiles à apprécier auront fait choisir un système qui, au premier abord, pourrait sembler illogique.

Le problème est donc d'un ordre plus général, il conviendra en effet de mettre en balance, d'un côté, toutes les dépenses afférentes à chacun des systèmes, et d'un autre toutes les recettes que l'on peut espérer de l'emploi de chacun de ces modes de traction.

C'est d'ailleurs, pour ne parler que des installations européennes, ce que les Italiens ont fait quand ils ont, il y a quelques années, équipé à l'électricité les lignes de Milan-Gallarate-Vareze et Porto-Ceresio.

C'est aussi ce que les Anglais ont dû faire lorsqu'ils ont substitué dans certains de leurs réseaux de banlieue l'électricité à la vapeur, il y a quelque deux ou trois ans, pour les lignes :

De Liverpool à Southport du Lancashire and Yorkshire Railway;

De Newcastle à Tynemouth du North-Eastern Railway.

C'est un examen analogue qui a conduit la Compagnie du London Brighton and South Coast Railway, à entreprendre l'équipement du très important raccordement des gares de Victoria et de London-Bridge; en Allemagne. les chemins de fer de l'État à commencer la construction d'une ligne électrique importante, destinée à relier Hambourg et Altona en suivant l'Elbe; enfin, en Hollande, l'État à construire une ligne spéciale électrique entre Rotterdam et La Haye, actuellement en exécution.

Si l'on interroge les ingénieurs de ces divers chemins de fer, on est tout étonné de constater que, à part tout ce qui vient d'être dit, d'autres raisons, et d'un ordre peut-être encore plus important, ont incité les administrations à entreprendre les applications dont il s'agit.

Nous voulons parler en particulier de la nécessité dans laquelle on se trouve invariablement et pour ainsi dire périodiquement d'agrandir les gares et surtout les gares terminus à voyageurs, dans les grandes villes, par suite de l'incessant développement du trafic.

Or, l'emploi du système à unités multiples permet, on le conçoit, de supprimer toutes les manœuvres qu'exige la traction à vapeur, manœuvres de formation et de déformation des trains, manœuvres de mise en tête et de ravitaillement des locomotives à vapeur, etc., etc. Du fait de ces suppressions le temps pendant lequel chaque convoi occupe les voies de la gare est souvent diminué de moitié, étant donnée surtout la rapidité des démarrages qui permet le dégagement extrêmement rapide des voies de sortie.

Les applications déjà faites ou celles qui sont en préparation, dans lesquelles le système à unités multiples est employé à la traction des trains de banlieue, sont nombreuses ; et sans vouloir ici les décrire toutes, nous signalerons celles qui présentent un caractère spécialement intéressant.

Nous ne parlerons pas de celles de la Compagnie d'Orléans (ligne de Juvisy), de la Compagnie de l'Ouest (ligne de Versailles), ni de celles du Chemin de fer P.-L.-M. (ligne du Fayet à Chamonix). Ces installations sont toutes bien connues.

Dans la haute Italie, la ligne de Milan à Gallarate, Varèze et Porto-Ceresio a été ouverte en 1901.

Elle est à courant continu 650 volts avec prise de courant sur un troisième rail latéral.

Les voitures motrices montées sur deux bogies ont les unes deux essieux, les autres quatre essieux moteurs (avec moteurs de 150 ch).

On a appliqué le système à unités multiples de Thomson-Houston. La vitesse est 75 km à l'heure.

En Angleterre nous trouvons les lignes suivantes equipées avec le système à unités multiples :

D'abord la banlieue Est de Newcastle de la Compagnie du North Eastern Railway *(Voir fig. 15)*, équipée au début de 1904.

Le courant est distribué à 600 volts à un troisième rail latéral. Quatrième rail de retour.

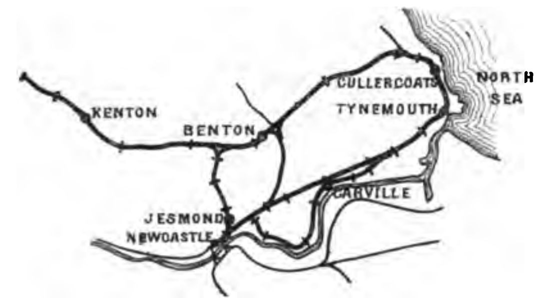


Fig. 15. — Chemin de fer électrique de Newcastle à Tynemouth et prolongements (North Eastern Railway).

Le matériel comprend des voitures motrices dont un seul bogie porte deux moteurs de 150 ch (1 heure, 75°). *(Voir fig. 16.)*

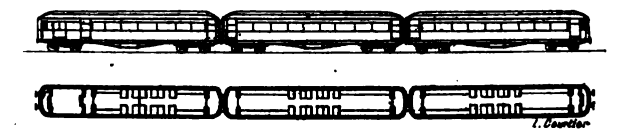


Fig. 16. — Schéma d'un train normal de trois voitures de la ligne de Newcastle à Tynemouth (North Eastern Railway).

Le réglage de la marche est obtenu par l'emploi du système à unités multiples Sprague-Thomson-Houston.

Auprès de Liverpool, sur la côte Ouest de l'Angleterre *(Voir fig. 17 et 18)*, nous trouvons deux installations intéressantes :

D'abord la ligne de Liverpool à Southport et Crossens ouverte en 1903, toujours avec rail latéral à 600 volts, le retour du courant se faisant par un quatrième rail placé au milieu de la voie, ainsi que nous l'avons vu précédemment. On n'a pas appliqué dès le début le système à unités multiples sur cette ligne. Les trains étaient conduits à l'aide de contrôleurs série parallèle placés en tête et en queue des rames. Huit moteurs de 150 ch par train de quatre voitures.

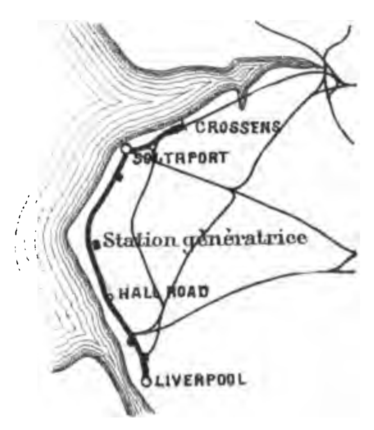


Fig. 17. — Chemin de fer électrique de Liverpool à Southport (Lancashire and Yorkshire Railway).

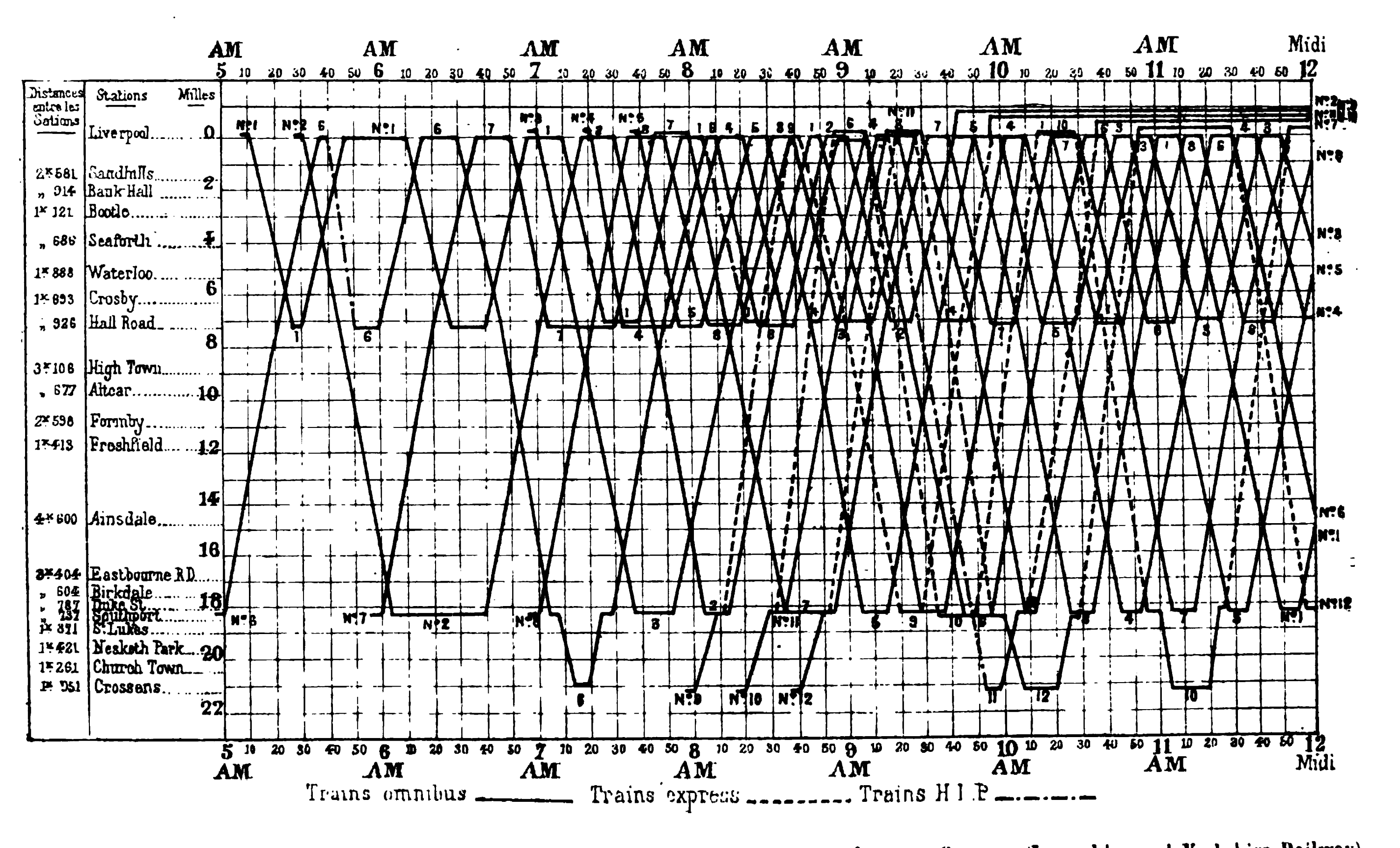


Fig. 18. — Graphique de marche des trains de la ligne électrique de Liverpool à Southport et Crossens (Lancashire and Yorkshire Railway).

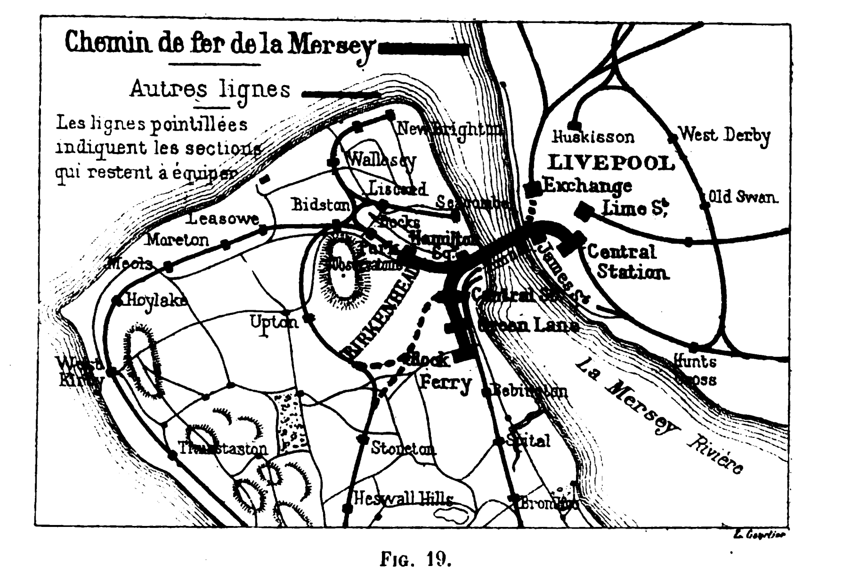


Fig. 19.



Fig. 20. — Section longitudinale du tunnel.

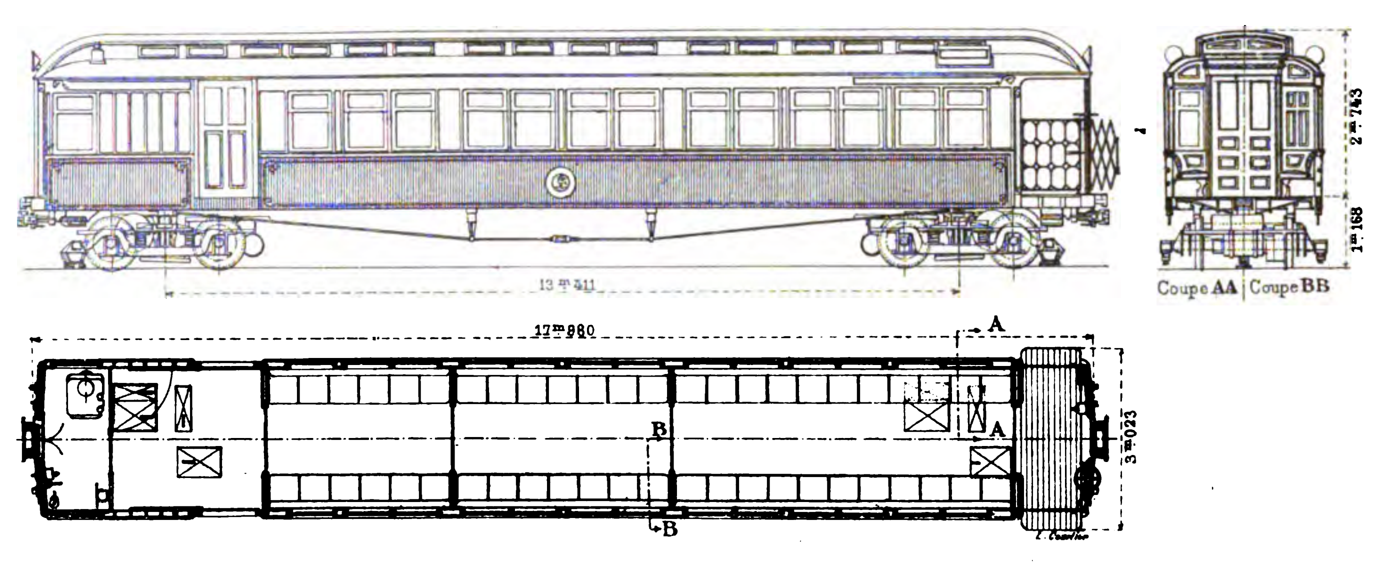


FIG. 21. — Chemin de fer de la Mersey. Voiture motrice.

Mais en 1906 on a construit des voitures équipées avec le système à unités multiples, chaque motrice possédant deux moteurs de 125 ch.

Le tunnel de la Mersey a été également équipé électriquement d'une manière analogue en 1903. Le système à unités multiples Westinghouse y est appliqué (*Voir fig. 19, 20 et 21*).

Enfin, comme nous l'avons dit, la Compagnie du London Brighton procède à l'équipement très important du raccordement

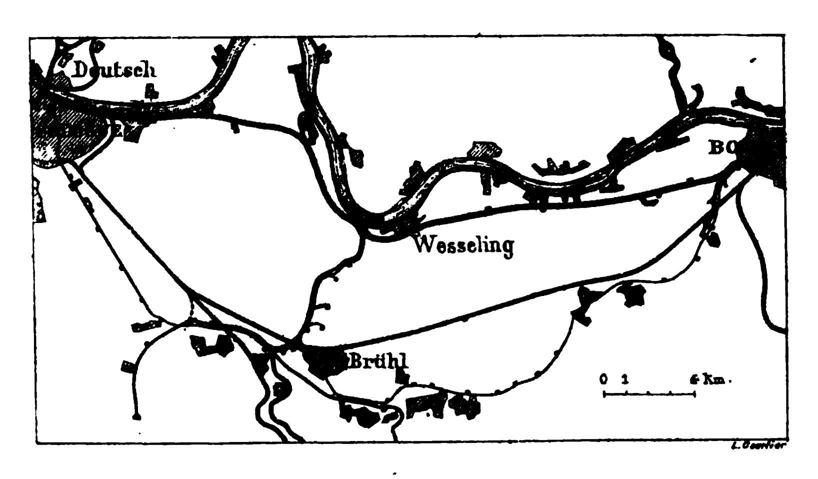


Fig. 22. — Chemin de fer de Cologne à Bonn.

entre les gares de London Bridge et Victoria, d'une longueur de 15 km environ.

Courant monophasé 6 500 volts, 25 périodes ; 3 voitures dont deux motrices ; 8 moteurs Winter-Eichberg de 115 chevaux ; vitesse 55 à 60 km.

Si nous passons en Allemagne, nous trouvons la ligne nouvellement installée avec courant continu à 1 000 volts de Cologne à Bonn (*Voir fig. 22*) dont nous avons examiné la voie aérienne et les moteurs. Cette ligne de 28 km. de longueur a été ouverte au début de 1906 ; la vitesse est de 60 km à l'heure, les trains sont composés de quatre voitures offrant 250 places toutes les demi-heures. Unités multiples à courant continu de Siemens (basse tension 60 volts); quatre moteurs de 130 ch par train. (*Voir pl. 129, fig. 25.*)

L'État Prussien procède en ce moment à l'exécution du matériel électrique destiné à la traction sur une distance de 26,5 km entre Hambourg et Altona, ou plus exactement de Ohlsdorf à

Blankanese. Le système adopté est le courant monophasé capté à 6000 volts, 25 périodes, par les archets des voitures motrices *(Voir pl. 129, fig. 26)* ; chaque unité de traction, composée de deux voitures à trois essieux juxtaposées et reliées par un court attelage, contiendra 120 voyageurs et sera munie d'un poste de commande pour système à unités multiples, à chaque extrémité *(Voir fig. 23)*. Chaque unité sera équipée avec trois moteurs monophasés Winter Eichberg de 125 ch.

Le poids d'une voiture double sera de 80 t.

On compte former des trains de 2, 3 et 4 unités, ce qui permettra avec des trains se succédant toutes les trois minutes de transporter 10.000 voyageurs par heure. Ce sont les Sociétés l'Allgemeine Elektricitäts Gesellschaft et Siemens-Shuckert de Berlin, qui procèdent à l'exécution de cette intéressante application, la première pour la partie mobile, la seconde pour les installations de la voie.

En Hollande, les chemins de fer de l'État procèdent aussi à l'équipement de la ligne de Rotterdam à La Haye en courant monophasé avec équipements Siemens.

En Amérique, les applications du système à unités multiples sur les lignes de chemins de fer sont déjà nombreuses et il nous serait facile de citer un certain nombre de tronçons déjà équipés, soit en courant continu, soit en courant monophasé. Nous nous contenterons toutefois d'attirer l'attention sur deux importantes installations qui ont été édifiées dans ces derniers temps.

Je veux parler tout d'abord de la ligne à courant continu 650 volts qui vient de s'ouvrir (fin septembre 1906) et qui relie Philadelphie à la ville de bains de mer d'Atlantic City *(Voir fig. 24)*. Cette installation de plus de 100 km de longueur, qui, au point de vue technique, n'offre pas de dispositions bien nouvelles, est pourtant remarquable par sa puissance et par les vitesses très élevées que l'on y imprime aux convois. C'est ainsi que la distance entre Philadelphie et la mer est franchie à raison de 95 km à l'heure ; des trains composés de trois voitures toutes motrices circulent de bout en bout tous les quarts d'heure, et en outre d'autres trains de deux voitures s'intercalent sur la ligne entre ceux-ci de demi-heure en demi-heure pour Milville, et des voitures isolées circulent toutes les 10 minutes entre Philadelphie (Camden) et Woodbury. Chaque voiture motrice, munie du système à unités multiples Sprague-General Electric, comprend deux moteurs de 200 ch.

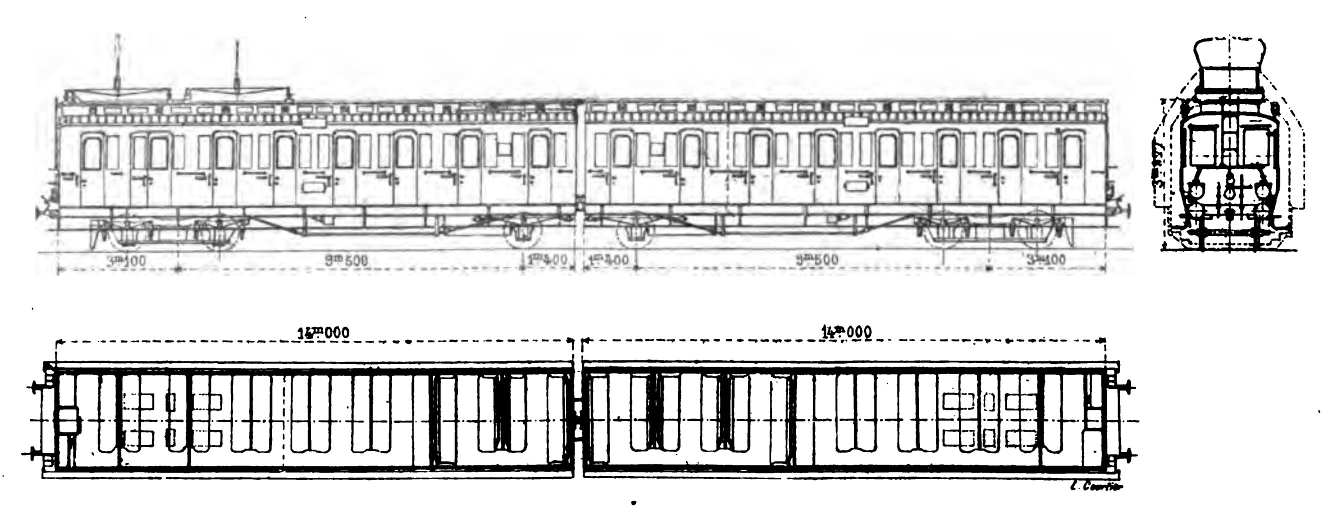


Fig. 23. — Ligne de Ohlsdorf à Blankanèse. Voiture motrice double.

Enfin, les installations très importantes du New-York Central et du New-York New-Haven and Hartford Railway, aux abords de New-York. L'ensemble de ces installations, auxquelles sont destinées les locomotives que nous avons décrites il y a un moment, comprend toute une série de lignes qui pénètrent dans New-York par un long souterrain, pour aboutir à une gare

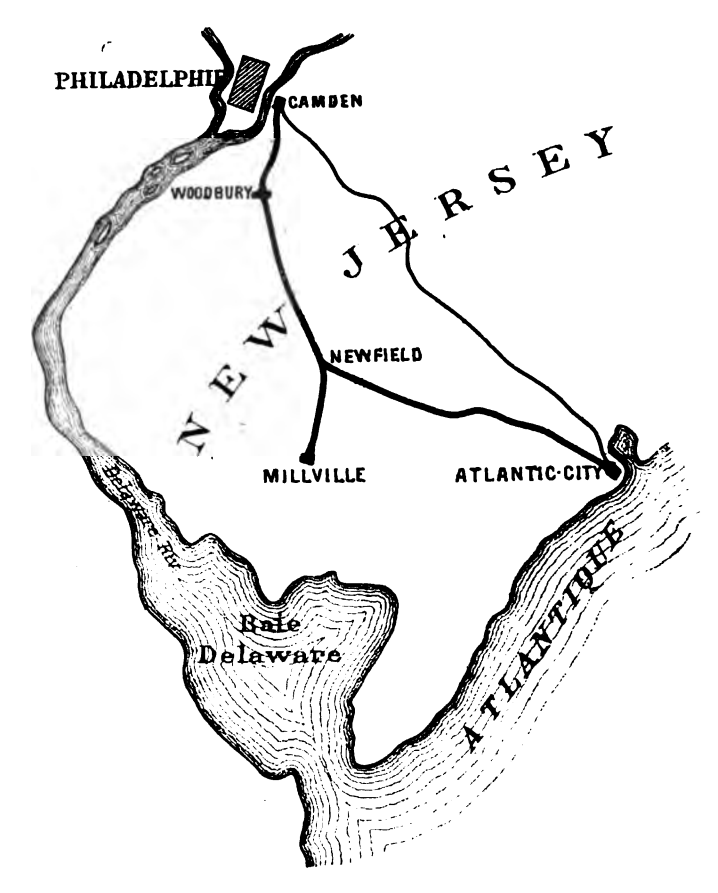


Fig. 24. — Carte de la ligne de Philadelphie à Atlantic-City.

souterraine à deux étages que construit en ce moment la Cie du New-York Central.

La gare et ses abords immédiats, tunnel, etc., est complètement équipée en courant continu 650 volts, et l'ensemble du matériel du New-York Central et des tronçons de lignes sur lesquels cette Compagnie applique la traction électrique est équipé avec le courant continu à 650 volts.

En outre des locomotives dont nous avons précédemment parlé, le matériel comprend des voitures automotrices à unités multiples destinées au service de la banlieue.

D'autre part, ainsi que nous l'avons vu, la Cie du New-York New-Haven and Hartford Railroad équipe certains tronçons aboutissant à l'origine du tunnel du New-York Central en courant monophasé 11 000 volts, 25 périodes, et son matériel roulant devant emprunter les voies du New-York Central pour pénétrer dans la gare souterraine, est organisé de façon à pouvoir fonctionner aussi avec le courant continu à 650 volts.

Là encore, nous trouvons au New-York New-Haven and Hartford comme au New-York Central des locomotives électriques et des voitures automotrices à unités multiples.

La gare du New-York Central, dans laquelle va circuler tout l'ensemble de ce matériel roulant électrique, est, nous l'avons dit, à deux étages. (Voir *pl. 130, fig. 1 et 2*, les plans qui montrent le nombre et l'étendue des voies, toutes, bien entendu, équipées électriquement.)

A signaler en particulier, à l'étage inférieur, une boucle destinée à permettre, sans retournement, l'évolution des trains à matériel ordinaire remorqués par des locomotives électriques, et celle des trains à unités multiples.

Cette disposition a pour but de permettre aux convois successifs d'entrer et de sortir de la gare terminus sans couper aucune des voies d'accès. En effet, lorsqu'un train entre dans un faisceau de voies disposées en éventail et desservant une double voie principale, pour que ce train passe de la voie montante, à l'arrivée, sur la voie descendante, au départ, il est nécessaire qu'il coupe, soit à l'entrée soit à la sortie, une partie tout au moins du faisceau des voies d'accès.

De tout ce que nous venons de dire à propos des lignes équipées à l'aide du système à unités multiples, il se dégage cette conclusion : Les Ingénieurs de chemins de fer, après avoir, dans les premières applications de la traction électrique à unités multiples, rendu motrices une partie seulement des voitures d'un convoi, et dans celles-ci une partie seulement des essieux moteurs, en sont arrivés progressivement, dans les installations les plus récentes et les plus rapides, à rendre toutes les voitures motrices avec, en général, la moitié des essieux moteurs.

Il suffit de se rappeler, en effet, comment sont composés les nouveaux trains du Lancashire and Yorkshire Railway, à Liver-

pool, en Angleterre ; ceux du Pennsylvania Railway, de Philadelphie à la mer, en Amérique ; ceux, enfin, de la ligne de Hambourg-Ohlsdorf Blankanese, en Allemagne.

Toutes les voitures étant automotrices, et munies de deux postes de manœuvre à chaque extrémité, peuvent indifféremment fonctionner seules ou être accouplées avec d'autres voitures et manœuvrer dans n'importe quel sens, suivant les besoins du service.

Au point de vue des puissances, plus la vitesse augmente, bien entendu, plus la puissance des moteurs va en croissant. On peut dire que la puissance des voitures automotrices de 40 t atteint aujourd'hui 400 ch (2 moteurs de 200 ch 1 heure) et ceci pour des vitesses de pleine marche allant jusqu'à 90 ou 100 km à l'heure.

A cette vitesse de 100 km, l'effort disponible aux jantes sera de 1 000 kg environ, soit à peu près 25 kg par tonne, et comme l'ensemble des résistances de traction s'élève à cette vitesse à 6 et 8 kg par tonne, on voit qu'à pleine allure et en palier, la voiture automotrice n'absorbera, pour marcher à vitesse constante, guère que le tiers de la puissance unihoraire de ses moteurs.

Ceci correspond à peu près à la puissance que pourraient développer indéfiniment les moteurs avec une élévation de température de 50 degrés au-dessus de l'ambiante.

Avec des démarrages peu fréquents cette température ne sera que fort peu dépassée, mais on voit que ces moteurs sont loin d'être trop puissants pour le service qu'on leur demande de faire.

Enfin, ces mêmes moteurs seront capables de donner, pendant les courtes périodes des démarrages, des efforts aux jantes à peu près doubles de l'effort normal de 1 000 kg calculé précédemment, soit 2 000 kg, ce qui correspond à 50 kg par tonne, de manière à réaliser des mises en vitesse rapides.

Telles sont les principales déductions que l'on peut tirer, pour le moment, des applications faites dans les différents genres aux lignes des grands réseaux de chemins de fer.

Traction sur les lignes d'intérêt local.

Avant de terminer, il nous reste à vous dire quelques mots d'une dernière catégorie de lignes auxquelles la traction électrique est appliquée avec un certain succès, surtout depuis que

les dispositions nouvelles ont permis d'aborder directement les tensions élevées avec des dispositions simples et économiques.

Ce sont soit les lignes d'intérêt local à trafic restreint, soit surtout les lignes de montagnes.

Avec l'emploi de la traction électrique, on peut utiliser, en effet, pour l'adhérence, partie ou tout de la charge à remorquer, ce qui permet de reculer, dans certains cas, l'emploi des systèmes spéciaux : crémaillères, rail horizontal, etc., et de gravir ainsi des rampes allant jusqu'à plus de 100 mm par mètre.

En outre, le voisinage des montagnes, et par suite des chutes d'eau, permet d'obtenir, dans la plupart des cas, l'énergie à des conditions tout particulièrement avantageuses.

Aussi, les installations ne se comptent-elles plus.

Il nous suffira de citer, en courant continu à tensions plus ou moins élevées :

En France, le chemin de fer de Chamonix, les chemins de fer de Cauterets, Pierrefitte, Luz, les installations actuellement en cours de la ligne de Bourg-Madame par le chemin de fer du Midi, etc.

En Suisse, les lignes de Montreux-Oberland-Bernois, de la Gruyère, etc., la ligne en préparation de la Valle-Maggia à 1 500 volts direct, et bien d'autres encore.

En courant triphasé, les lignes de Berthoud-Thoune, Standstadt-Engelberg de la Jungfrau, etc., et aussi la ligne de la Seethal, actuellement en construction.

Enfin, en courant monophasé, avec moteurs dérivés du moteur à répulsion :

Les lignes du Borinage (Belgique), demi-chemins de fer, demi-tramways : voitures à deux essieux et deux moteurs de 40 ch, de Marius Latour *(Voir pl. 129, fig. 27,* les deux pôles aériens à 750 volts), installations non encore terminées (40 périodes).

Dans le Tyrol autrichien, la ligne à voie de 1 m de la vallée de la Stubai (longueur 18 km), près d'Innsbruck, mise en service en 1904 : 2 700 volts, 42 périodes, fil aérien à suspension en chaînette. Voitures à deux bogies et quatre moteurs de 40 ch chacun (Winter-Eichberg), vitesse moyenne environ 25 km à l'heure. Longues rampes de 40 mm. *(Voir pl. 129, fig. 28.)*

En moteurs série compensés :

En Bavière, la ligne à voie normale de Murnau à Oberammergau, mise en service en janvier 1905, 5 500 volts, 17 périodes, rampe 30/1 000, vitesse 20 à 25 km à l'heure. Automotrices de 35 t à trois essieux *(Voir pl. 129, fig. 29),* deux

moteurs de 80 ch, matériel Siemens, fil aérien à suspension en chaînette. (*Voir pl. 129, fig. 30.*)

En Italie, la Société Westinghouse installe, à 6600 volts, 25 périodes, deux lignes : l'une de 54 km, de Rome à Civita-Castellana, dans laquelle les équipements peuvent être alimentés également en courant continu à 550 volts sur une partie du parcours (en ville).

Chaque automotrice comprend deux moteurs de 40 ch, vitesse environ 35 km à l'heure, voie de 1 m.

L'autre, de Bergame à Valle-Brembana, sur 30 km, voie large, trains de 90 t voyageurs, 150 t marchandises, remorqués par des tracteurs-fourgons de 30 t avec quatre moteurs de 75 ch. (*Voir pl. 129, fig. 31.*)

En France, nous ne possédons pas encore d'exemple de chemins de fer électriques monophasés.

Des essais satisfaisants ont été faits l'année dernière, à Paris, par la Société Thomson Houston, avec le moteur M. Latour, sur une des voitures de tramways de la ligne de Malakoff, et sur environ 1 km.

Enfin, dans notre pays, de nombreux projets sont actuellement à l'étude et plusieurs sur le point d'aboutir.

Tout ce que nous venons de dire montre le chemin parcouru depuis dix ans ; il est déjà considérable.

Aussi, en présence des grandes usines régionales de production d'énergie qui se construisent partout, en présence de l'utilisation, qui se généralise, des chutes d'eau, en présence du concours que les mines se disposent à prêter à cette évolution, il n'est pas téméraire de prévoir que dans les dix années qui vont suivre, la traction électrique appliquée aux chemins de fer est appelée à prendre une extension plus considérable encore.

NOTICE NÉCROLOGIQUE

SUR

JACQUES-AUGUSTIN NORMAND

ANCIEN MEMBRE DU COMITÉ DE LA SOCIÉTÉ

PAR

M. A. COVILLE

MEMBRE CORRESPONDANT DE LA SOCIÉTÉ

Jacques-Augustin Normand, l'Ingénieur éminent, universellement connu par les grands progrès qu'il a, non seulement conçus, mais encore réalisés dans les diverses branches de la construction navale, ancien membre du Comité, est décédé au Havre, le 11 décembre 1906.

Les remarquables discours qui ont été prononcés le jour de ses obsèques, l'affluence exceptionnelle des délégués des marines française et étrangères, des Sociétés savantes et charitables auxquelles appartenait Augustin Normand, témoignent de la haute estime dont jouissait ce savant, car sa modestie était presque sans égale.

La foule de ses ouvriers et de ses concitoyens qui suivait le cortège ou se pressait sur son parcours prouve combien il était aimé et apprécié de tous ceux qui l'avaient connu.

Le Ministre de la Marine avait tenu, non seulement à se faire représenter officiellement par l'une des sommités du génie maritime, mais, de plus, par une attention délicate, avait fait venir spécialement de Cherbourg deux des nombreux torpilleurs construits par Augustin Normand, les n°s 149 et 293, en donnant à leurs officiers et équipages la mission de rendre les derniers honneurs au créateur de notre flottille de défense mobile.

Comme le disait si bien l'un des orateurs qui ont pris la parole au cimetière :

« La foule qui se presse ici pour honorer la mémoire d'Au-
» gustin Normand montre l'étendue de la perte que déplorent,
» avec sa famille, la ville du Havre et le pays tout entier. Si
» tous ceux qui ont été éclairés au flambeau de sa rayonnante
» intelligence pouvaient lui faire cortège aujourd'hui, notre ville
» serait trop petite pour contenir les amis, les Ingénieurs, les

» savants, les philanthropes et les marins de tous grades qui ont
» admiré son génie, ainsi que les nombreux collaborateurs, In-
» génieurs, employés et ouvriers, qui l'ont aimé pendant sa
» longue carrière. »

Fils, petit-fils, arrière-petit-fils de constructeurs qui ont illustré depuis plus de deux siècles le nom de Normand, Jacques-Augustin, né en 1839, fut initié de bonne heure à l'art de l'Ingénieur. Sans passer par aucune de nos grandes écoles supérieures, mais, seul, par la puissance remarquable de travail et d'assimilation dont il était doué, il parvint à acquérir la remarquable érudition qui lui permit, non seulement d'adapter les formules mathématiques à la construction navale, mais de créer toute une théorie nouvelle permettant de calculer les divers éléments du navire qui, jusqu'alors, n'avaient été établis que par l'expérience ou le génie de ses prédécesseurs.

Aussi Normand n'était pas seulement un inventeur des plus remarquables, un chercheur d'idées nouvelles, mais il appliquait lui-même, dans son chantier, toutes ses idées théoriques, et amenait ses conceptions, par un labeur incessant, au degré de fini et de perfection qui en faisait des modèles admirés et copiés ensuite dans le monde entier.

Dès l'âge de vingt-quatre ans, A. Normand, tout en collaborant aux travaux de son père, rédigeait des notes et mémoires qu'il adressait à l'Académie des Sciences dont il devint bientôt membre correspondant.

Entre autres :

En 1863, une note sur la résistance au choc des matériaux considérée au seul point de vue géométrique ;

En 1864, il publie un mémoire sur l'application de l'algèbre au calcul des bâtiments de mer. Ce mémoire a été complété par des formules approximatives de construction navale qui sont maintenant d'un usage général.

Jacques Augustin Normand était entré comme membre titulaire de la Société des Ingénieurs civils de France en 1879, et, depuis cette époque, malgré l'importance de ses occupations de toutes sortes, il n'a cessé de lui apporter le concours de ses travaux.

En 1891 le prix annuel de la Société, accordé à l'auteur du meilleur mémoire déposé dans l'année, lui était décerné pour son mémoire sur la machine à vapeur.

En 1902, le Jury constitué pour désigner l'auteur de l'ouvrage paru depuis une période de quarante années qui avait été le plus

utile au développement de l'industrie des constructions navales, eut à se prononcer pour choisir, entre les cent cinquante noms qui lui étaient soumis, celui qui méritait le prix institué par la famille de Henri Schneider. Les nombreux titres qui désignaient Augustin Normand réunirent immédiatement l'unanimité des suffrages.

Le caractère élevé et sympathique de notre collègue vous sera révélé par ce fait qu'il envoyait immédiatement un don important pour être attribué au fonds de secours de notre Société.

En 1904, Augustin Normand était élu membre du Comité de la Société.

Benjamin Normand, son frère, s'est illustré, lui aussi, dans la carrière d'Ingénieur naval; il était également membre de notre Société et est mort en 1888.

A. Normand était Vice-Président de l'Association technique maritime ;

Vice-Président de la Société des œuvres de mer ;

Vice-Président d'honneur de la Société la Flotte, de l'Union maritime et de l'Association des médaillés des expéditions coloniales.

Il était membre d'un grand nombre d'associations scientifiques, industrielles et philanthropiques, aussi bien en France qu'à l'Etranger :

Institution of Naval Architects;

Institution of civil Engineers ;

Schiffbau technische Gesellschaft, etc., etc.

Il acceptait toutes les charges qui en résultaient pour lui, apportant sans compter, à chacune, le concours de sa remarquable intelligence.

La liste détaillée des nombreuses brochures qui ont paru dans les comptes rendus des diverses Sociétés auxquelles il appartenait serait trop longue ; il suffira de signaler leur nombre ; de 1863 jusqu'à sa mort, Normand a donné :

Deux mémoires à la Société des Ingénieurs civils de France,

Quatre au Mémorial du Génie maritime,

Onze à l'Association technique maritime,

Cinq à l'Académie des Sciences,

Huit à l'Institution of Naval Architects,

Un à l'Institution of civil Engineers.

Sans compter cinq notes d'études d'astronomie qu'il avait élaborées à titre de délassement.

Il serait à désirer que ces remarquables travaux fussent réunis en divers recueils qui perpétueraient la mémoire de ce grand homme.

On peut dire de Normand qu'il a étudié toutes les branches de la construction navale; il a perfectionné non seulement les coques et la protection des navires, les machines, les chaudières, les propulseurs, l'artillerie, mais il a même apporté sa contribution à la tactique et à la stratégie.

Le nombre considérable de dispositions qu'il fit breveter témoigne de sa remarquable activité. En dehors de la chaudière qui porte son nom et qui, basée sur des études personnelles théoriques et pratiques, a donné l'essor aux navires à grande vitesse, il a créé le réchauffeur d'eau d'alimentation, l'appareil distillatoire léger à grand rendement, le filtre d'eau d'alimentation, les éjecteurs légers à grand débit, les purgeurs automatiques des machines, appareils qui ont une si grande importance au point de vue de la consommation de vapeur.

Il en est de même des soupapes d'équilibre des cylindres à vapeur, qui permettent de donner à la régulation de la machine les meilleures valeurs compatibles avec l'économie, etc.

Mais ce n'est pas seulement dans la construction navale que ce chercheur portait son esprit d'investigation.

En voiture, constatait-il les heurts provenant du passage de son véhicule sur les rails de tramways, il inventait un type original de rail supprimant cet inconvénient.

En chemin de fer, il constatait le désagrément du vent et des poussières, et faisait immédiatement breveter et expérimenter un paravent pour glaces de wagon adopté par la Compagnie des Chemins de fer d'Orléans.

C'est en 1871 que J.-A. Normand prit, à la mort de son père, Augustin Normand, la direction des chantiers du Havre et, depuis cette époque, il construisit un grand nombre de bâtiments, tous remarquables, aussi bien par l'application d'idées nouvelles que par le soin apporté à leur exécution.

En 1877, il commença les deux premiers torpilleurs et obtint la vitesse de 19 nœuds 4, dépassant de près d'un nœud et demi les conditions qui lui avaient été imposées par la marine.

Chaque nouvelle construction était un succès nouveau, et c'est ainsi qu'il est arrivé, avec *Le Chevalier* et *le Forban*, aux vitesses de 31 nœuds 5, qui n'avaient encore jamais été obtenues à cette époque, et qui n'ont pas été dépassées par des

bâtiments de ces dimensions, dans des conditions aussi dures de port en lourd.

C'est également lui qui créa le type contre-torpilleur, qui imagina de doter ce navire d'un pont surélevé pour améliorer ses qualités de navigabilité. Et ce n'est pas le nombre des navires et des machines sortis de son chantier qui donne la mesure de sa production personnelle, car, aussi bien en France qu'à l'étranger, les chantiers qui construisaient sur ses plans étaient fort nombreux.

Sa réputation était universelle. Les marines russe, espagnole, japonaise, américaine, suédoise, danoise, etc., ont montré, par leurs importantes commandes, le prix qu'elles attachaient aux projets d'Augustin Normand. La Maison Normand a fourni, à elle seule, une centaine de torpilleurs à notre marine et une vingtaine aux autres marines étrangères, sans compter les avisos, transports de guerre, les yachts, les paquebots, embarcations de sauvetage, etc. Cette liste est d'ailleurs loin d'être close, car la Maison Normand reprend la marche en avant du progrès sous la direction du fils aîné de notre regretté collègue.

On a pu dire de Normand que, dans cet esprit d'élite, phénomène bien rare, le savant et l'Ingénieur étaient doublés d'un artiste et d'un praticien émérite.

Il n'a jamais recherché les honneurs; sa modestie et son désintéressement lui attiraient toutes les sympathies.

Il était Officier de la Légion d'honneur; les étrangers, ses supérieurs en grade, s'étonnaient, à juste titre, qu'il n'eût pas encore atteint de plus hautes récompenses pour les services qu'il avait rendus à sa patrie.

En Russie, il était Grand-Officier de l'Ordre de Saint-Stanislas, et presque tous les Gouvernements qui avaient mis ses services à contribution avaient tenu à lui conférer un grade élevé dans la hiérarchie de leurs grands hommes.

Aussi, ne s'étonnera-t-on pas d'apprendre que, dès le lendemain de sa mort, un mouvement spontané de la population havraise réclamait la constitution d'un Comité en vue d'élever un monument à sa mémoire et que, bien avant la constitution de ce Comité, les souscripteurs se sont déjà fait inscrire.

Le monument sera certainement digne de la mémoire qu'il aura mission de consacrer.

CHRONIQUE

N° 324.

SOMMAIRE. — Règlement concernant les projets de ponts-routes en Autriche. — Chemin de fer électrique dans les Alpes. — Longs parcours à grande vitesse sur les chemins de fer des États-Unis. — Anciens surchauffeurs pour locomotives. — Dessiccation de l'air pour les hauts fourneaux. — Combustion spontanée du charbon (*suite et fin*). — L'électrométallurgie.

Règlement concernant les projets de ponts-routes en Autriche. — Le Ministère de l'Intérieur d'Autriche vient de reviser les dispositions qui régissaient depuis 1892 la présentation des projets de ponts-routes en métal ou en bois et a publié, en date du 16 mars 1906, un nouveau règlement dont nous résumons ci-après les prescriptions essentielles.

Au point de vue de l'importance de la circulation à desservir, les ponts sont divisés en trois classes pour lesquelles les dimensions de la voie sont fixées comme suit :

Première classe. — Lorsque les poutres font saillie entre la chaussée et les trottoirs : largeur libre entre poutres, 5,80 m; pour les trottoirs, 1,50 m. Lorsque les poutres font saillie en dehors des trottoirs ou sont placées sous la voie : largeur libre totale, 7 m, dont 4,60 m pour la chaussée et 1,20 m pour les trottoirs.

Deuxième classe. — Dans le premier cas cité plus haut : 5,50 m entre poutres, 1,20 m pour les trottoirs; dans le second cas, 6,40 m de largeur totale, dont 4,40 m pour la chaussée et 1 m pour les trottoirs.

Troisième classe. — Largeur libre, 5 m. Le pont ne comporte pas de trottoirs.

La *hauteur libre* sous les contreventements supérieurs doit être au moins de 4,50 m sur la chaussée et 2,50 m sur les trottoirs.

Comme *surcharges d'épreuve* à envisager dans le calcul du tablier, on doit considérer les cas suivants : *a)* Chaussée couverte de chariots avec leurs attelages, en nombre le plus grand possible, les trottoirs et le reste de la chaussée étant couverts de la surcharge uniforme représentant le poids d'une foule; *b)* tout le tablier couvert de la surcharge uniforme; *c)* pour les ponts des deux premières classes, passage d'un rouleau à vapeur, le reste de la surface étant couvert de la surcharge uniforme.

Pour les différentes classes de ponts, les surcharges ci-dessus sont fixées comme suit :

Première classe. — *a)* Chariots à deux essieux d'un poids total de 12 t, attelés de quatre chevaux pesant ensemble 5 t;

b) Surcharge uniforme de 460 kg par mètre carré;

c) Rouleau à vapeur de 18 t (dont 8 pour l'essieu avant et 10 pour l'essieu arrière).

Deuxième classe. — *a)* Chariots à deux essieux de 8 t, attelés de deux chevaux pesant ensemble 15 t;

b) Surcharge uniforme, 400 kg par mètre carré;

c) Rouleau à vapeur de 14 t (dont 6 pour l'essieu d'avant et 8 pour l'essieu d'arrière).

Troisième classe. — *a)* Chariots à deux essieux de 3 t, attelés de deux chevaux pesant ensemble 1 t.

b) Surcharge uniforme de 340 kg par mètre carré.

La pression du vent doit être estimée à 270 kg par mètre carré sur le pont non surchargé et 170 kg par mètre carré sur le pont surchargé. Le calcul doit être fait dans les deux cas.

Le *taux de travail* du métal est limité à des coefficients analogues à ceux du règlement en vigueur pour les ponts de chemin de fer. Il suffira de mentionner que les taux d'extension ou de compression sous les efforts du poids sont limités pour le fer à 7,5 + 0,02 L et pour l'acier à 8,0 + 0,03 L kg par millimètre carré, L désignant la portée du tablier en mètres, sans que ces chiffres puissent dépasser respectivement 9 et 10,5 kg par centimètre carré.

Le taux de cisaillement des rivets est fixé à 6 et 7 kg par millimètre carré respectivement pour le fer et l'acier.

Lorsqu'on porte en compte la pression du vent, les limites ci-dessus s'élèvent à 10 et 12 kg par millimètre carré pour les pièces du tablier, et à 7 et 8 kg pour les rivets. Dans les appareils d'appui, la sollicitation de l'acier coulé à la flexion peut atteindre 10 kg par millimètre carré.

Le règlement donne également toutes les prescriptions à observer dans l'exécution.

L'acier doit présenter une résistance à la traction comprise entre 36 à 42 à 45 kg par millimètre carré. L'allongement doit être tel que son chiffre (en pour cent) multiplié par la résistance (en kilogrammes par millimètre carré) donne un produit supérieur à 1 000 pour les essais en long et à 900 pour les essais en travers. L'acier pour rivets doit présenter une résistance comprise entre 35 et 40 kg par millimètre carré et un coefficient de qualité (obtenu par multiplication comme ci-dessus) d'au moins 1 700.

Parmi les essais de pliage, on exige notamment celui-ci : un barreau de 50 à 60 millimètres de largeur prélevé dans les tôles, plats et profilés, ayant été entaillé normalement au sens du laminage à l'aide d'une tranche sur une épaisseur de 1 mm, doit pouvoir être plié, sans se rompre, suivant une courbure d'un rayon égal à cinq fois l'épaisseur jusqu'à ce que l'angle de pliage atteigne 90 degrés pour l'acier à 45 kg, 120 degrés pour celui à 42 kg et 150 degrés pour celui à 36 kg de résistance à la traction.

Nous empruntons ce qui précède aux *Annales des Travaux Publics de Belgique* qui l'ont résumé du *Oesterreichische Wochenschrift für den Oeffentl. Baudienst.*

Chemin de fer électrique dans les Alpes. — Le projet d'établissement d'un chemin de fer électrique à voie étroite entre Martigny et Pré-Saint-Didier, par le col Ferret, revient sur l'eau.

L'idée de construire une voie ferrée reliant la vallée d'Aoste à la vallée du Rhône n'est pas nouvelle. En 1884, M. de Vautheleret publiait une étude très complète préconisant la traversée des Alpes par le col Ferret, en opposition aux projets du Simplon et du mont Blanc.

Du côté italien, l'idée est à l'ordre du jour. Malheureusement, les devis d'exécution s'élèvent à des sommes hors de toute proportion avec les résultats et les avantages possibles.

Le Simplon est ouvert à la circulation et une ligne à grand trafic par le Saint-Bernard n'a plus sa raison d'être; aussi le but que se proposent les promoteurs est-il plus modeste et en même temps plus pratique. Il consiste à relier les deux vallées par un chemin de fer électrique à voie étroite qui, loin de porter atteinte aux intérêts de la grande ligne de la vallée du Rhône, lui procurera des avantages incontestables, tout en satisfaisant des intérêts locaux d'une réelle importance, surtout si on considère que Pré-Saint-Didier sera prochainement relié par une voie ferrée à Aoste et Turin.

Le ligne Martigny-Courmayeur-Pré-Saint-Didier, d'une longueur de 59,3 km, sera essentiellement une ligne de touristes; elle amenera sur le réseau des chemins de fer fédéraux tous les voyageurs venant de la région Aoste-Turin et *vice versa*, et la région comprise entre Turin-Genève-l'Oberland et le Simplon ne tardera pas à en bénéficier. Si jamais les tunnels du mont Blanc et du Petit-Saint-Bernard se construisent, le trafic par le col Ferret ne peut qu'y gagner encore.

Cette ligne est la communication la plus courte entre la Suisse-Romande et Turin, de même qu'entre l'Angleterre, la France, la Belgique, la Hollande, la Bavière et l'Italie.

Le val Ferret, du côté suisse, est peut-être la moins connue et une des plus belles vallées du Valais, comme la vallée d'Aoste est une des plus belles de l'Italie. Le val Ferret renferme de nombreuses mines de fer, d'où son nom; exploitées jusqu'au commencement du XIXe siècle, elles ne furent abandonnées qu'en raison du coût trop élevé de l'exploitation et des frais de transport; elles pourront être reprises à l'aide de l'électricité et du chemin de fer; les minerais renferment jusqu'à 40 0/0 de fer pur. Les moraines des glaciers et les lits des torrents abondent en immenses blocs de granit, dont l'exploitation serait rémunératrice.

La ligne projetée a son point de départ à la gare de Martigny; elle se dirige vers la Dranse et débouche à Sembrancher, à 890 m d'altitude, atteint Orsières, point de départ pour le Saint-Bernard et la vallée de Champex.

Le tronçon Orsières-Ferret, seconde section de la ligne, a 22,8 km de longueur, y compris la partie suisse du tunnel établi à la cote 2140 m et d'une longueur de 2000 m.

A la cote 2140 m, la ligne entre en tunnel dans le massif du Grand-Saint-Bernard. On peut, de ce point, monter à l'hospice, situé à 3 km de la tête du tunnel. Celui-ci débouche sur le versant italien, à Pré-de-Bar, à la cote 2060 m.

Le tronçon tunnel-frontière à Pré-Saint-Didier, forme la troisième section de la ligne. Celle-ci sera établie sur toute sa longueur sur une plate-forme indépendante. Nulle part les pentes ne dépasseront 8 0/0. Le développement total de Martigny à Pré-Saint-Didier sera, comme on l'a indiqué, de 59,3 km, dont 40 800 m sur territoire suisse et 18 500 m sur territoire italien.

Le projet de notre collègue de Vautheleret, qui a été mentionné plus haut, a été l'objet d'une communication de l'auteur à notre Société, en 1884, sous le titre : « La traversée des Alpes par le Grand-Saint-Bernard (col Ferret). »

Le tracé entre Martigny et Aoste avait une longueur de 138 km, la déclivité ne dépassait pas 20 0/00 et le rayon des courbes ne descendait pas au-dessous de 350 m; le tunnel de faite, établi à la cote 1 620 m, devait avoir 9 500 m de longueur. Le devis se montait à 86 millions de francs, soit 620 000 f par kilomètre. Il est bon de faire remarquer que le tracé allait de Martigny à Aoste, tandis que le chemin de fer à voie étroite dont nous nous sommes occupé ne va que jusqu'à Pré-Saint-Didier, situé à 45 km d'Aoste; les longueurs relatives des deux tracés équivalents seraient donc environ 103 et 138 km, la différence étant amenée par le développement nécessité par la réduction des déclivités et du rayon des courbes.

Depuis que ce qui précède était écrit, la question du chemin de fer de Martigny à Pré-Saint-Didier est entrée, au moins partiellement, en voie de réalisation. En effet, il vient de se constituer une Société, au capital de deux millions, pour l'exécution du chemin de fer Martigny-Orsières. Cette ligne, de 20 km, forme, en réalité, la première section du chemin de fer qui fait le sujet de cet article. Ce qui donne un intérêt particulier à cette entreprise, c'est la construction annoncée par une Société anglaise d'usines pour la fabrication de l'aluminium, près d'Orsières, dans la plaine de Proz. Les eaux des Dranses de Liddes et du val Ferret seront captées et amenées par des canalisations, de manière à former une chute de 400 m aux usines de La Praz. La traction électrique serait opérée sur le chemin de fer par le courant produit à ces usines.

Longs parcours à grande vitesse sur les chemins de fer des États-Unis. — A l'occasion de courses d'automobiles faites récemment aux États-Unis et dans lesquelles un parcours de 478,33 km, représenté par dix tours, a été fait en 290 minutes et 10,5 secondes, ce qui donne une vitesse moyenne de 98,9 km à l'heure, cette vitesse s'étant même élevée pour certaine tours à 108,9 km et même, dit-on, à 110,2 km, on a remis sur le tapis la question des vitesses réalisées sur de grands parcours sur les chemins de fer.

La direction du Lake Shore and Michigan Southern a fait connaître à cette occasion un essai qui, fait il y a plus d'un an, sans aucune relation avec la question dont nous venons de parler, n'avait reçu aucune publicité.

Cet essai remonte, en effet, au 13 juin 1904; il a eu lieu entre Chicago et Buffalo, distance 525 milles ou 845 km, sans aucune préparation. Le train se composait de trois voitures et d'une machine avec son tender.

Le départ s'est effectué de Chicago à 6 h. 50 m. du matin. En dehors des ralentissements nécessités par la traversée des stations et de deux arrêts devant des passages à niveau, le train ne s'est arrêté que quatre fois pour changement de machines, savoir : à Elkart, Toledo, Cleveland et Dunkirk ; chacun de ces arrêts a été de deux minutes, sauf le dernier qui a nécessité trois minutes à cause de l'échauffement d'une boite du tender, c'est donc un total de neuf minutes.

L'arrivée a eu lieu à Buffalo à 2 h. 23 m., ce qui donne pour le parcours une durée totale de 7 h. 33 m. et, si on déduit les 9 minutes d'arrêt, 7 h. 22 m. La vitesse moyenne effective de marche ressort donc à 845 km en 444 minutes = 114,19 km à l'heure. Certains milles ont été franchis en 45-41 et même 40 secondes, ce qui correspond à des vitesses de 130-141 et 144,9 km.

M. D. C. Moore, directeur-général adjoint du Lake Shore and Michigan Southern, communique ces résultats à l'*Iron Age*. Ce journal ajoute qu'on attribuait jusqu'ici le record des vitesees sur longs parcours aux chemins de fer anglais qui, dans la lutte sur le parcours entre Londres et Aberdeen, en août 1895, avaient réalisé les chiffres suivants : par la côte ouest, distance 869,4 km, durée 8 h. 32 m., vitesse moyenne 101,8 km, et par la côte est, distance 842 km, durée 8 h. 8 m., vitesse moyenne 96,92 km. On voit que ces chiffres sont bien inférieurs à la vitesse moyenne de 114,19 km réalisée au Lake Shore and Michigan Southern. A cette vitesse, le parcours de Paris à Lyon, 512 km, serait effectué en 5 heures avec deux arrêts intermédiaires, et celui de Paris à Marseille, 862 km, en 7 h. 42 m. avec quatre arrêts intermédiaires. Nous donnons ces indications simplement à titre de curiosité et pour permettre d'apprécier la signification de vitesses semblables.

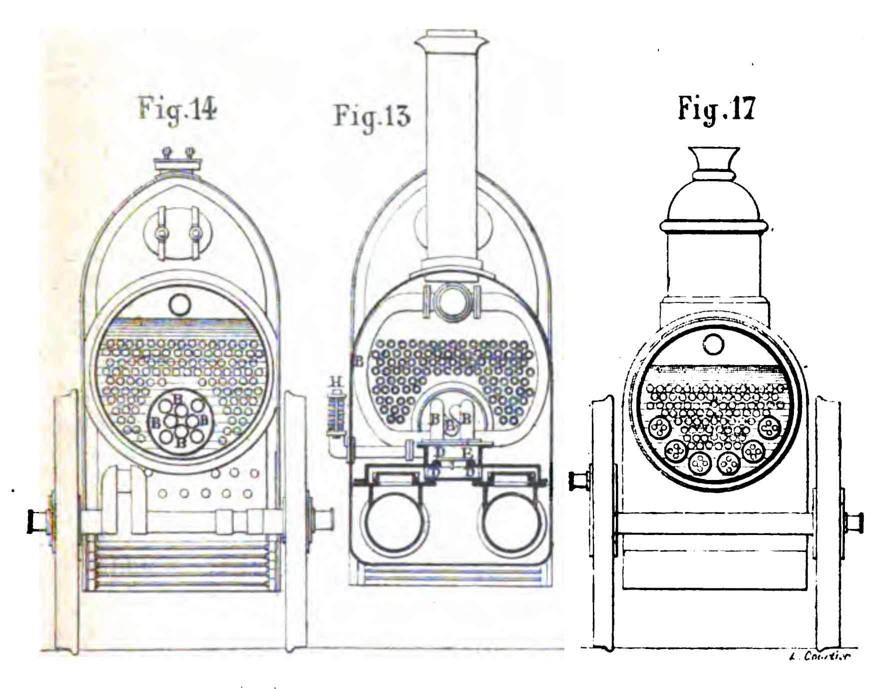
Nous trouvons dans le *Railway Gazette* un tableau que nous reproduisons ci-dessous et qui donne les vitesses réalisées sur divers parcours de plus ou moins grande longueur par des trains isolés avec les dates de ces essais.

RÉSEAUX	PARCOURS	VITESSES	DATES
	km	km	
Atchison, Topeka, Santa-Fé	3 616	80,5	Juillet 1905.
Chicago, Burlington and Quincy. .	1 650	87,4	Février 1897.
Pennsylvania	1 154	90,1	Novembre 1905.
Lake Shore Michigan Southern . .	845	111,9	Juin 1905.
Pennsylvania	414	120	Octobre 1905.
d°	211	125,2	d°
Atlantic City	89,4	126	Mai 1905.
Pennsylvania	80,5	127,2	Juin 1905.
Chicago, Burlington, Quincy . . .	24,1	157,8	Mars 1902.
Savannah, Florida and W.	7,7	172	Mars 1901.

Fig.12

K

B



Anciens surchauffeurs pour locomotives. — Nous avons, dans le Bulletin de septembre dernier, page 494, signalé une disposition de surchauffeur pour locomotive, proposée il y a plus de cinquante ans. Plusieurs de nos Collègues nous ayant demandé des renseignements sur cet appareil, il nous a paru intéressant de donner ici un extrait du brevet avec les dessins qui s'y rapportent.

Il s'agit d'un certificat d'addition en date du 29 juin 1850, pris par Moncheuil, directeur du Chemin de fer de Montereau à Troyes, certificat d'addition au brevet n° 4845 du 3 juillet 1849 au nom de de Quillacq, concernant « un emploi de la vapeur non saturée et surchauffée ».

Voici cet extrait :

« Les figures 12, 13 et 14 représentent un réchauffeur composé d'un faisceau de tubes placés à l'intérieur d'un gros tube; ces tubes pourraient former un serpentin ou affecter toute disposition analogue. Il pourra être bon, pour la conservation de l'extrémité des tubes réchauffeurs, de les garantir du choc direct de la flamme par une rondelle de fer placée à l'entrée du gros tube, dans un plan vertical et concentrique avec ce tube, et d'un diamètre tel qu'un passage suffisant soit laissé à la flamme entre cette rondelle et la paroi interne du gros tube.

» Les figures 15, 16 et 17 montrent un réchauffeur tubulaire composé d'un grand nombre de petits tubes chauffés par séries dans des tubes de dimensions convenables pour être fixés par des bagues comme les autres tubes de locomotives. Dans chaque série, une extrémité d'un groupe de petits tubes reçoit la vapeur saturée et l'autre conduit la vapeur désaturée dans le réservoir. »

Nous avons trouvé inutile de reproduire les figures 15 et 16 qui font double emploi avec les figures 12 et 13, sauf en ce qui concerne le nombre des tubes qu'indique d'ailleurs suffisamment la figure 17.

L'appareil est supposé appliqué à une des locomotives du chemin de fer de Montereau à Troyes, construites par Hallette vers 1847, et qui avaient le régulateur placé entre les cylindres, comme on peut le voir figuré à la lettre D, figures 12 et 13.

Le brevet principal et un certificat d'addition en date du 7 août 1849, décrivent des dispositifs de surchauffeur pour chaudières fixes; le certificat au nom de Moncheuil décrit aussi un surchauffeur pour locomotives, à tubes concentriques, extérieur à la chaudière, dont il est sans utilité de parler ici.

Le brevet et ses additions sont donnés à la page 66 et suivantes et sur la planche IX du tome XVII (1851) de la « Description des machines et procédés pour lesquels des brevets d'invention ont été pris sous le régime de la loi du 5 juillet 1844 ».

Nous devons rappeler ici que nous avons parlé des travaux de notre ancien Collègue de Quillacq sur la surchauffe, dans la Chronique de juillet 1892, page 174. Dans cet article, nous indiquions déjà sommairement le principe du surchauffeur de Moncheuil décrit ci-dessus.

Dessiccation de l'air pour les hauts fourneaux. — Dans le Bulletin d'octobre 1905, page 513, notre Collègue, M. A. Gouvy, en rendant compte des travaux du Congrès de Métallurgie tenu à Liége, a

mentionné la question de la dessiccation de l'air servant à alimenter les hauts fourneaux, question traitée devant le Congrès par M. Lodin, Ingénieur en chef des Mines. Cette dessiccation a été proposée et appliquée par M. Gayley, aux États-Unis; l'avantage de cette invention est très discuté.

Il nous paraît intéressant d'indiquer que la première idée de cette disposition ne remonte pas à moins de trois quarts de siècle.

Il existe un ouvrage fort curieux daté de 1863 intitulé *Industrial Biography : Iron Workers and Tool Makers* par Samuel Smiles, écrivain bien connu, auteur des biographies des Stephenson et autres Ingénieurs et du livre populaire en Angleterre *Self Help*, ouvrage que nous avons été assez heureux pour donner à la bibliothèque de notre Société. A la page 154 de ce livre, dans la biographie de James Beaumont Neilson, inventeur du chauffage de l'air pour les hauts fourneaux, se trouve le passage suivant : « C'est pendant qu'il était employé à l'usine à gaz de Glasgow que l'attention de M. Neilson fut attirée sur la question de la fusion du fer. Ses idées sur le sujet étaient d'abord assez primitives, à en juger par un mémoire qu'il lut en 1825, à la Société Philosophique de Glasgow. L'année précédente, un maître de forges lui avait demandé s'il ne serait pas possible d'épurer l'air soufflé dans les hauts fourneaux comme on épure le gaz d'éclairage. Ce maître de forges pensait que c'était la présence du soufre dans l'air qui rendait irrégulière la marche des hauts fourneaux et amenait dans les mois d'été la production de fer de mauvaise qualité. M. Neilson ne partageait pas cette opinion, il était plutôt disposé à admettre que la cause était dans une insuffisance d'oxygène dans l'air en été, due à la dilatation de l'air par la chaleur et à la plus grande proportion d'humidité. Il pensait, en conséquence, que le remède était dans l'introduction par un moyen quelconque d'une plus grande proportion d'oxygène dans l'air et, aussi dans la dessiccation de l'air qu'on pourrait faire passer avant son arrivée aux tuyères dans deux longues galeries contenant de la chaux vive. Mais une étude plus approfondie l'amena à modifier ses idées en les dirigeant sur le chauffage du vent qu'après une série d'expériences il arriva à réaliser pratiquement avec un tel succès, que, peu d'années après la première application, il ne restait plus en Écosse qu'un seul haut fourneau non soufflé à l'air chaud. »

La combustion spontanée du charbon *(suite et fin)*. — Avant de quitter le sujet de la combustion spontanée du charbon, il n'est pas sans intérêt de dire quelques mots des moyens de combattre l'incendie à bord des navires charbonniers, cas où les moyens généralement employés ailleurs contre le feu sont tout à fait inapplicables. Si on considère une masse de houille contenue dans une cale de navire avec, dans la partie inférieure, par exemple, un noyau de charbon enflammé, comment faire pour arriver à ce noyau et à l'éteindre? La première idée est d'introduire de l'eau dans la cale et de la laisser se frayer un chemin jusqu'à la partie incandescente. Il est facile de comprendre que l'eau n'arrivera au centre de la masse qu'en quantité insuffisante et qu'elle s'évaporera au contact des produits de la combustion qu'elle rencontre

sur son passage. Le peu qui arrivera sur le foyer se convertira, en majeure partie, en gaz à l'eau, mélange d'oxyde de carbone et d'hydrogène qui n'a besoin que d'une faible proportion d'air pour constituer un mélange fortement détonant. Ce mélange s'accumulant sous le pont est dans les conditions les plus favorables pour produire une explosion qui, même partielle, soulèvera le pont et projettera les panneaux, donnant ainsi libre accès à l'air; comme résultat final, destruction complète probable du navire.

On a souvent proposé et même essayé l'emploi de la vapeur, mais cet emploi présente des difficultés du même genre. Comme l'eau, la vapeur est décomposée et transformée en gaz combustible par le contact du charbon incandescent et son effet de refroidissement est moindre que celui de l'eau qui absorbe une grande quantité de chaleur pour sa vaporisation.

Il y a, en revanche, des gaz qui s'opposent énergiquement à la combustion et écartent l'oxygène atmosphérique de la matière enflammée et on a proposé l'emploi de quelques-uns de ces gaz pour combattre les incendies.

Si on brûle du soufre dans l'oxygène, il se forme de l'acide sulfureux qui a une action puissante pour éteindre le feu; une faible quantité suffit pour produire cet effet. Cette action est purement anticombustive et nullement refroidissante; or, pour éteindre un chargement incendié, les deux effets sont aussi nécessaires l'un que l'autre.

L'acide carbonique agit comme le précédent, simplement pour combattre la combustion; aussi, bien que l'emploi de ces gaz ait été proposé il y a déjà plus de trente ans, le défaut que nous venons de signaler en a toujours empêché l'application.

Il y a une quinzaine d'années, l'auteur a indiqué, dans une conférence, qu'il serait possible, avec un arrangement convenable, de faire de l'acide carbonique un agent remplissant les deux actions et, par conséquent, le plus efficace qu'on pût trouver pour l'extinction des incendies de charbon. Si on comprime de l'acide carbonique à 36 atm à la température de 0 degré centigrade, il se liquéfie et peut être conservé dans des récipients d'acier fermés par des bouchons à vis. Si on enlève le bouchon, le liquide qui s'échappe tombant à la pression atmosphérique donne un volume de gaz très considérable et ce passage de l'état liquide à l'état gazeux absorbe du calorique; le refroidissement qui en provient est assez considérable pour qu'une partie du liquide se solidifie, ce qui indique une température de — 78 degrés centigrades. L'acide carbonique liquide est une substance qu'on trouve aujourd'hui dans le commerce et qui a déjà d'assez nombreuses applications.

Pour l'employer à l'usage qui vient d'être indiqué, l'auteur conseillait d'embarquer sur les navires chargés de houille des récipients d'acide carbonique surmontés d'une tubulure en métal fusible à 93 degrés centigrades. Ce métal est, comme on sait, un alliage de plomb, d'étain, de bismuth et de cadmium; cette tubulure serait fermée, on ouvrirait le bouchon à vis fermant les bouteillés et on déposerait dans la masse de houille un certain nombre de ces récipients au fur et à mesure du chargement.

La température de fusion des tubulures étant très supérieure à celle qui peut se produire dans les cales dans les conditions normales, ce n'est qu'un échauffement considérable du charbon qui pourra amener le ramollissement et l'ouverture sous la pression du gaz liquéfié; il se répand alors des torrents de gaz acide carbonique dans la masse en même temps qu'il se produit un abaissement considérable de température. Cet effet ne sera pas borné à un instant, parce que le liquide s'écoule peu à peu par un orifice étroit, il durera jusqu'à ce que le récipient se soit vidé.

L'acide carbonique étant très dense restera dans la masse de charbon et préviendra toute tendance ultérieure à l'échauffement. En fait, un chargement qui se sera échauffé une première fois et aura été refroidi par le moyen qui vient d'être indiqué ne sera plus exposé à s'échauffer plus tard.

On peut condenser 2 800 l d'acide carbonique gazeux dans une bouteille d'acier de 75 mm de diamètre et 0,305 m de longeur; une tonne de charbon peut présenter un volume total d'interstices de 350 l, de sorte qu'il faudrait une bouteille pour environ 8 t de houille; ces bouteilles seraient réparties également dans tout le chargement et on placerait dans tout le voisinage des thermomètres d'alarme faisant agir une sonnerie placée dans la chambre du capitaine dès que la température s'élève dans les cales à quelques degrés au-dessous du point de fusion des bouchons des bouteilles. Cette sonnerie continuera à se faire entendre jusqu'à ce que l'acide carbonique s'échappant la température soit redescendue au-dessous du point dangereux. On voit que tout le fonctionnement de cette installation de sureté est purement automatique.

On peut avoir actuellement l'acide carbonique liquide à des prix modérés et, si la demande se poursuivait, on pourrait même installer dans les ports charbonniers des machines pour produire cette substance, de sorte que la seule dépense sérieuse serait celle de l'achat des bouteilles, car le renouvellement de l'acide ne porterait généralement que sur un très petit nombre des bouteilles embarquées.

Avec les précautions ordinaires, on serait assuré d'amener sans aucun danger les chargements de charbon à destination. A l'arrivée, on devra, comme d'habitude, ne point approcher des panneaux avec des lumières nues, et ne laisser pénétrer personne dans les cales avant que les gaz aient eu le temps de se répandre dans l'air, et que l'atmosphère soit devenue respirable, ce qu'on constate en descendant une lampe de sûreté qui doit continuer à brûler comme au dehors.

Les propositions de l'auteur ont soulevé une certaine opposition parce qu'on a paru craindre que les bouteilles ne fissent explosion sous l'influence de la chaleur ; mais ce danger n'est pas à redouter si les récipients sont faits comme ceux dont on se sert pour conserver l'hydrogène comprimé employé pour gonfler les ballons militaires; ces bouteilles ne peuvent faire explosion : le pis qui puisse leur arriver est de se fendre suivant le joint soudé.

Cependant, de divers côtés on a adopté l'idée pour la protection des dépôts formés, non seulement de charbon, mais aussi de diverses mar-

chandises, telles que le coton, le jute, la laine, etc., dont l'inflammation est extrêmement difficile à combattre. Généralement, on dispose les bouteilles à l'extérieur et on dirige le gaz sur les marchandises lorsqu'on s'aperçoit d'un commencement d'incendie.

L'acide sulfureux liquide ne donne pas un effet de refroidissement aussi puissant que l'acide carbonique et il est beaucoup plus irrespirable ; il suffit de 4/1 000, tandis qu'un homme peut encore séjourner quelque temps dans une atmosphère à 3 ou 4 0/0 d'acide carbonique. L'emploi de ce dernier gaz est donc préférable à tous les points de vue.

Nous croyons utile de dire ici quelques mots d'expériences qui ont un rapport étroit avec la question qui nous occupe et qui ont été faites en Allemagne par M. Hebermann, qui en a fait l'objet d'une communication à l'Association des Ingénieurs de gaz et eaux de la Baltique.

Ces expériences, dont le but était d'étudier l'oxydation du charbon sous l'influence d'une élévation de température, ont été exécutées dans des cornues à gaz faisant partie d'une batterie non en service, mais suffisamment chauffée par les batteries voisines. En fait, la température se maintenait régulièrement à l'intérieur à 142 degrés centigrades, sans variation de plus de 2 degrés dans le courant d'une semaine.

Le charbon était introduit à raison de 200 kg dans un état assez grand de division dans la cornue, qu'on fermait, et on y faisait circuler un courant d'air dont le volume pouvait être mesuré. Des thermomètres permettaient d'apprécier la température de la masse de charbon.

On a opéré sur deux échantillons : du charbon de Newcastle et une sorte d'anthracite dit « Bighwine » ; le premier contenait 5 0/0 de cendres et 1,2 0/0 d'humidité, l'autre 3,8 et 1,5.

L'air était introduit à la température de 25 degrés environ. Son premier effet était d'abaisser la température de la cornue qui tombait à 40 ou 50 degrés ; mais la température remontait ensuite et, pour le charbon de Newcastle, atteignait 250 degrés en 36 à 39 heures, et 300 degrés après un autre laps de temps de 10 à 12 heures. Dans les mêmes conditions, avec le charbon anthraciteux Bighwine, la température était seulement de 175 à 180 degrés au bout de la première période et augmentait très peu après. Nous nous bornons à ces indications en renvoyant ceux de nos lecteurs que la question intéresserait au numéro du 20 juillet dernier de l'*Iron and Coal Trades Review* pour plus de détails.

L'électro-métallurgie. — Nous trouvons, dans le *Bulletin de l'Union des Ingénieurs sortis des écoles spéciales de Louvain*, le résumé d'une intéressante communication faite le 19 novembre 1905 à l'Assemblée générale de cette Association, par M. V. Defays.

Après avoir passé rapidement en revue les différents modes de l'énergie et rappelé le grand principe de la conservation de l'énergie, l'auteur montre, dans le tableau que nous reproduisons ci-après, le prix d'une quantité de calories correspondante à une tonne de houille, le courant électrique employé au chauffage étant produit avec les différents genres de moteurs employés dans l'industrie.

On voit par ce tableau que, si le kilowatt-heure revient à 2,29 c.

l'électricité, correspondant comme puissance calorifique à une tonne de charbon, reviendrait à 185 f, soit dix fois le prix ordinaire.

Prix de la chaleur obtenue par l'électricité.

MOTEURS	PRIX du cheval-an (7 000 heures)	PRIX du kilowatt-an (7 000 heures)	PRIX du kilowatt-heure	PRIX des 1 000 calories	PRIX équivalent à 1 t de charbon à 7 000 calories par kilogramme
	f	f	cent.	cent.	f
Moteur hydraulique.	20	32	0,46	0,53	37,0
	50	80	1,14	1,32	92,5
	100	160	2,29	2,64	185,0
Moteur à gaz de haut fourneau .	125	200	2,85	3,30	230,0
— à gaz pauvre	175	280	4,00	4,00	324,0
— à vapeur	225	370	5,80	6,12	430,0

Il semblerait donc que l'électricité est impuissante à lutter en métal lurgie contre la houille comme source de chaleur.

Une telle conclusion, vraie dans les pays où on a facilement du charbon, ne saurait être généralisée, car il faut tenir compte d'une foule de circonstances dont les principales sont :

1° Le prix de revient du courant électrique peut devenir extrêmement bas lorsqu'il est engendré par des forces naturelles ;

2° Le rendement thermique des fours électriques est beaucoup plus élevé que celui des fours à charbon ; il atteint 79 pour 100, alors que le haut fourneau, qui est le meilleur four métallurgique, ne dépasse pas 30 à 40 0/0 et que les fours à creusets descendent à 2 ou 3 0/0 ;

3° Certains produits très réfractaires ne peuvent être obtenus qu'au four électrique ;

4° Il est facile d'obtenir au four électrique, à volonté, une atmosphère oxydante, neutre ou réductrice.

L'adoption ou le rejet du four électrique dépend donc essentiellement des circonstances et est en général intimement lié à l'usage des forces hydrauliques. C'est donc surtout dans les pays à houille blanche que les industries électro-métallurgiques se sont développées et ont le plus de chances d'avenir.

Le conférencier aborde ensuite l'examen des divers principes sur lesquels sont basés les fours électriques.

1° *L'arc voltaïque.* — Le passage d'un courant à travers une substance gazeuse à la pression ordinaire rendue conductrice par une température élevée et maintenue élevée par le passage du courant constitue le phénomène connu sous le nom d'arc voltaïque.

Ce principe a servi de base à un grand nombre de fours, les uns à arc simple, d'autres à arcs doubles ou multiples ; dans certains fours,

tels que le four Moissan, le four Cowles, etc., l'arc se développe entre deux électrodes mobiles en charbon ; dans d'autres, l'électrode mobile seule est en charbon et l'électrode négative est constituée par le fond même du four. Tels sont le four Siemens, le four Wilson, etc. Ces fours à arc ont été employés surtout dans la fabrication de l'aluminium et du carbure de calcium.

2° *Résistance.* — La plupart des fours utilisés en électro-métallurgie sont basés sur le principe de la résistance. M. Defays rappelle rapidement les différentes unités électriques d'intensité, de force électromotrice, de travail, de résistance, etc., et définit la loi de Joule qui est la base des fours de résistance et qui peut s'exprimer par :

$$q = I^2R.$$

La quantité de calories dégagées peut être représentée par

$$q \frac{I^2 \times R \times E}{9.81 \times 425}, \text{ grandes calories.}$$

On distingue :

1° Les fours à résistance superficielle ;

2° Les fours à résistance interne.

La plupart des fours utilisent simultanément la résistance et l'arc voltaïque. On peut citer parmi les fours électriques basés sur le principe de la résistance :

a) Le *four Keller* à capacités multiples. Ce four se compose de deux capacités au moins, reliées par un canal dans lequel peut circuler la matière en fusion ; dans la première capacité se trouve suspendue l'électrode positive, dans la seconde l'électrode négative ; le circuit électrique se forme donc par le bain métallique lui-même qui s'échauffe par le principe de la résistance. Keller a aussi réalisé ce four au moyen de quatre capacités et un creuset central où se réunissent les produits fondus. Il porte le nom de haut fourneau électrique de Keller et est utilisé spécialement pour la réduction des minerais de fer. Il existe aussi des fours électriques d'affinage de Keller qui sont utilisés pour la fabrication de l'acier dans les usines de Livet.

b) Four Héroult. — Héroult a imaginé d'appliquer l'électricité à un four basculant qui a reçu le nom de Bessemer électrique Héroult ; la coulée se fait par le renversement de l'appareil comme dans les fours Wellmann. Les deux électrodes pénètrent par la voûte du four et le circuit est formé par le bain lui-même comme dans le four Keller.

Il existe encore quantité de fours à résistance, tels que le four Hermet, le four Stassano, etc., mais qui ont reçu peu d'applications industrielles.

c) Four Gin à canal. — Ce four est basé sur la résistance interne ; il est constitué par un canal de grande longueur et de faible section se repliant plusieurs fois sur lui-même dans un plan horizontal ; ce canal est rempli de fonte et les extrémités sont en communication respective avec deux blocs d'acier refroidi intérieurement par une circulation d'eau et qui forment prise de courant. Le courant électrique qui parcourt ce canal a une intensité suffisante pour maintenir le bain métallique en

fusion et le porter à la température la plus favorable aux réactions. C'est une sorte de lampe à incandescence dont le filament serait constitué par un ruisseau de fonte en fusion. Il est surtout appliqué à la transformation de la fonte en acier.

3° *L'induction*. — Le principe de l'induction a été appliqué par Kjellin dans un four très original, pour la fabrication de l'acier à Gysinge.

L'auteur rappelle le principe de l'induction: Si un courant prend naissance dans un circuit que nous appellerons circuit inducteur, il se produira dans un circuit voisin un courant de sens inverse qui sera un courant induit; l'intensité du courant induit est proportionnelle à la section du fil, tandis que le voltage est inversement proportionnel à cette section.

Dans le four Kjellin, le circuit inducteur est constitué par une bobine de fil fin dans laquelle circule un courant alternatif de haut voltage et de faible intensité; le circuit induit est constitué par le métal en fusion qui se trouve dans une rainure circulaire. Il se développe donc dans cet anneau conducteur un courant induit de grande intensité, suffisant pour élever la température du bain et provoquer l'affinage.

Les fabrications principales des fours électriques sont actuellement les suivantes :

1° La fabrication du carbure de calcium;

2° La fabrication de l'aluminium ;

3° La fabrication des carbures métalliques : carbures de fer, de chrome, de molybdène, de manganèse, de tungstène, etc.

Le débouché industriel le plus considérable est la fabrication des ferro-alliages employés en métallurgie, tels que le ferro-manganèse, le ferro-silicium, silico-spiegel, ferro-vanadium, ferro-tungstène, ferro-chrome, etc., et des composés du silicium avec d'autres éléments : le fer, le chrome, le carbone, le tungstène, etc.

D'une manière générale, on peut dire que le four électrique permet de préparer n'importe quel alliage, grâce à la haute température qu'il réalise.

La sidérurgie par l'électricité a aussi pris, en ces dernières années, une grande extension.

La fabrication de la fonte n'est guère avantageuse d'une façon générale au four électrique, étant donné l'excellent rendement du haut fourneau au coke; mais l'affinage de la fonte pour acier se fait maintenant d'une manière courante dans les fours qui ont été décrits et donne de bons résultats économiques.

COMPTES RENDUS

SOCIÉTÉ D'ENCOURAGEMENT POUR L'INDUSTRIE NATIONALE

NOVEMBRE 1906.

Paroles prononcées par M. GRUNER, Vice-Président de la Société d'Encouragement, aux obsèques de M. HUET, Inspecteur général des Ponts et Chaussées en retraite, Président de la Société d'Encouragement pour l'industrie nationale.

Rapport de M. HITIER sur les ouvrages de M. MARRE, intitulés : **La race d'Aubriac et le fromage de Laguiole. — Le roquefort.**

On trouve dans ce rapport des renseignements intéressants sur l'industrie fromagère de certaines contrées du Midi encore très peu connues, industries dont beaucoup de personnes ignorent l'importance. On peut citer ce fait caractéristique qu'en 1904 Roquefort a utilisé le lait de plus de 500 000 brebis laitières et qu'on arrive dans ces régions ingrates à faire produire à certaines brebis, valant à peine 25 ou 30 f, un revenu annuel de 20 à 42 f.

Revue des périodiques d'août-septembre et octobre 1906, par M. G. RICHARD.

Les sujets traités dans cette revue sont : la traction électrique sur les chemins de fer, le pont-transbordeur de Newport, les navires à turbines, les condenseurs à pompe turbine diffuseuse, l'emmagasinage du charbon dans les dépôts, les appareils de levage et la transformation en acide nitrique de l'azote de l'air dans les moteurs à gaz.

Résultats des **expériences de peintures en blanc de céruse et en blanc de zinc**, exécutées à l'annexe de l'Institut Pasteur.

Il a été reconnu que, dans les conditions où ces peintures ont été employées, elles se sont sensiblement comportées de la même manière.

Notes de chimie, par M. JULES GARÇON.

Nous trouvons dans ces notes les sujets suivants : L'industrie des cacaos solubles. — Application de la photographie à la chimie. — Fonctions chimiques des textiles. — Formation des nitrites. — Recherche sur le plâtre. — Le permanganate de magnésium. — L'acide cyanhydrique dans la nature. — La question de la céruse. — L'industrie des ciments aux États-Unis. — Le bronzage électrolytique. — L'or à Madagascar. — L'inflammation électrique des mélanges d'air et de grisou. — Le chauffage au pétrole, etc.

Notes de mécanique.

Nous trouvons sous ce titre : une note sur les moteurs à gaz de la Société de construction de Nuremberg, une sur les avaries de foyers des locomotives et les déformations des tubes de foyers sous une pression extérieure.

ANNALES DES MINES

7e livraison de 1906.

Les bassins lignitifères et houillers des Montagnes Rocheuses, par M. Étienne A. Ritter.

Ce travail très développé comprend une étude géologique des conditions de dépôt du charbon et de sa transformation et une étude des différentes qualités de combustible avec analyses à l'appui, une description géographique des différents bassins charbonneux avec l'indication des voies ferrées qui les traversent; une description sommaire des procédés employés au creusement et à l'entretien des galeries et des puits de mine, des méthodes de déhouillement et une étude de la fabrication du coke; on y trouve, enfin, des renseignements statistiques sur le personnel employé, les accidents, le tonnage extrait et les salaires payés.

La production houillère totale des bassins des Montagnes Rocheuses a passé de 9,5 millions de tonnes en 1890 à 26 millions en 1905. Tout semble indiquer que cette production continuera d'augmenter et il n'y aurait rien de surprenant à voir l'année 1910 marquée par une production de 100 millions de tonnes.

L'or à Madagascar, par M. L. Gascuel, Ingénieur civil des Mines.

Dans un exposé historique succinct, l'auteur montre que la réputation de Madagascar comme pays aurifère n'est pas ancienne, elle ne date que du XIXe siècle. En 1895, elle était universelle et paraissait solidement établie ; mais les concessions données depuis 1886 n'ont produit que de médiocres résultats et le découragement succéda à un enthousiasme exagéré; aujourd'hui, la méfiance domine et on entend dire partout qu'il n'y a pas d'or à Madagascar.

La note dont nous nous occupons a pour objet de donner une idée exacte de la situation en s'appuyant sur des faits. On sait que la totalité de l'or que produit l'ile sort des gisements alluvionnaires répartis entre trois régions. M. Gascuel étudie ces gisements, leur mode d'exploitation très simple n'employant que des indigènes. Il arrive à conclure que le dernier mot n'est pas dit et qu'il y a de sérieuses raisons d'espérer en l'avenir. Il y a intérêt à poursuivre l'étude des gisements et on peut croire que ceux qui la feront verront leur initiative récompensée.

8e *livraison de* 1906.

L'hydrologie souterraine de la Dobroudja bulgare, par M. de Launay, Ingénieur en chef des Mines, Professeur à l'École supérieure des Mines.

Cette note donne les résultats d'une étude, faite sur place, de la région de la Bulgarie comprise entre la ligne du chemin de fer de Routschouk à Varna et la frontière roumaine sur 220 km de longueur et 70 à 80 km de large, dans le but de chercher les moyens de remédier à la disette d'eau dont se plaignent les habitants de cette région et qui constitue une gêne énorme pour l'agriculture et l'élevage des bestiaux. La conclusion de cette note est que le remède est dans l'établissement de puits qu'on pourrait faire à des profondeurs modérées dans un certain nombre d'endroits, indiqués par l'étude géologique et hydrologique contenue dans le travail de M. de Launay.

Les expériences de Gelsenkirchen-Bismarck sur les moteurs et l'appareillage électrique de sûreté pour les milieux grisouteux, par M. P. Leprince-Ringuet, Ingénieur au Corps des Mines.

Ces expériences ont été faites dans une galerie d'essais à section en arc elliptique de 1,40 m de largeur à la base et 1,80 m de hauteur. La longueur est de 4 m et le volume de 9 m³. Les parois sont en planches sur triple épaisseur avec cadres extérieurs de consolidation formés de fers en I. Pour former l'"atmosphère, on emploie du grisou naturel capté et purifié avant usage de la majeure partie de son acide carbonique.

Après quelques essais malheureux, on a dû inaugurer une méthode scientifique pour les essais et c'est à quoi a été consacrée une partie de l'année 1904.

Nous ne saurions entrer dans le détail de ces expériences; il nous suffit de reproduire la conclusion de l'auteur qui est que « les dangers qui ont fait écarter jusqu'à présent l'emploi des moteurs électriques dans les mines à grisou et qui seraient peut-être aussi, pouvons-nous ajouter, de nature à en proscrire l'emploi dans les mines à poussières inflammables, peuvent être considérés comme surmontés ». Malgré les échecs si déconcertants du début, les laborieuses et si ingénieuses recherches de M. l'assesseur des mines Beyling ont atteint leur but et justifié une fois de plus le rôle technique si utile de ces institutions collectives allemandes comme est la Caisse des Charbonnages westphaliens.

SOCIÉTÉ DES INGÉNIEURS ALLEMANDS

N° 47. — *24 novembre 1906.*

L'étirage des fils de cuivre, par W. Küppers.

Les conduites de vapeur à haute pression dans la marine, par Utheman.

La dynamique de la vapeur dans les machines alternatives. par W. Schüle.

Les causes de dangers dans les installations électriques à courants alternatifs et les moyens de sécurité à employer, par H. Zipp.

Bibliographie. — Méthodes pour l'exécution des expériences sur les chaudières et machines à vapeur, par Fr. Seufert. — Les ateliers de chemins de fer aux États-Unis, par H. Reissner.

Revue. — Organisation du Musée Allemand à Münich. — Le centenaire de l'École technique supérieure de Prague. — Machines d'extraction électriques. — La 6 000e locomotive sortie des ateliers Borsig. — Parachute de Undeutsch.

N° 48. — *1er décembre 1906.*

Expériences sur le gyroscope pour navires, par O. Schlick.

La dynamique de la vapeur dans les machines alternatives, par W. Schüle *(suite).*

Résistance des parois planes dans les chaudières à vapeur, par C. Bach.

Les injecteurs, par Ph. Michel.

Moyens mécaniques de clarification et filtration des eaux, par W. Rottman.

Les machines pour la production de la force à l'Exposition germano-bohème à Reichenberg, par K. Körner *(suite).*

Joints de tuyaux dans les canalisations à haute pression, par Ph. Forchheimer.

Turbine à vapeur de 500 kilowatts, système Malms et Pfenninger, par M. Schroter.

Groupe de Hambourg. — Tracé et construction des hélices propulsives.

Bibliographie. — Comptabilité des ateliers, par C.-M. Lewin. — L'énergie, revue mensuelle des industries et du génie civil en Allemagne.

Revue. — Élément thermo-électrique de Heil. — Vase d'absorption pour appareil Orsat. — Dispositifs pour la séparation de l'huile de l'eau d'alimentation. — La plus grande vitesse de trains sur les chemins de fer en Allemagne. — Le gaz naturel aux États-Unis.

N° 49. — *8 décembre 1906.*

Notice nécrologique sur Heinrich Lezius.

La drague marine *Thor* pour les travaux de correction de la Vistule, par Meiners.

Installations mécaniques dans les usines métallurgiques, par Fr. Frolich *(suite).*

Le strobographe, instrument pour le tracé des diagrammes de pendules, par G. Wagner.

La dynamique de la vapeur dans les machines alternatives, par W. Schüle *(fin).*

Tracé des turbines, par R. Camerer.

Groupe de Dresde. — L'introduction des machines à vapeur dans la pratique.

Groupe de Hanovre. — Historique et développement de la machine à moissonner.

Bibliographie. — L'invention et l'inventeur, par A. du Bois-Raymond. — Rapports officiels sur l'Exposition de Saint-Louis, en 1904

Revue. — Huitième Assemblée générale de l'Association technique des constructeurs de navires, les 22 et 23 novembre 1906. — L'industrie des matières colorantes extraites des goudrons de houille. — Utilisation des forces hydrauliques en Bavière. — Traction électrique sur le chemin de fer métropolitain de Vienne. — La gare centrale à Hambourg.

N° 50 — *15 décembre 1906.*

Notice nécrologique sur Georg Krauss.

Critique du système de freins des appareils électriques de levage, par F. Jordan.

Les machines outils à l'Exposition bavaroise du Jubilé a Nuremberg en 1906, par G. Schlesinger *(suite)*.

L'étirage des fils de cuivre, par W. Küppers *(fin)*.

Expériences sur la résistance de la fonte, par W. Pinegin.

Régularisation de la marche des turbines par la méthode Fink, par R. Camerer.

Groupe de la Lenne. — Établissements des tarifs pour la vente de l'électricité.

Bibliographie. — Calcul des dimensions et des échantillons de fer et du poids des dalles en béton armé, par O. Ramisch et P. Goldel.

Revue. — Assemblée générale de l'Association technique des constructeurs de navires, les 22 et 23 novembre 1906. — Élasticité des tuyaux coudés. — Gyroscope pour navires, de Schlick. — Industrie de l'aluminium aux Etats-Unis.

Pour la Chronique et les Comptes rendus :
A. Mallet.



BIBLIOGRAPHIE

Ire SECTION

Etude expérimentale du ciment armé, par R. Feret, ancien élève de l'École Polytechnique, chef du Laboratoire des Ponts et Chaussées, à Boulogne-sur-Mer (1).

Bien connu des spécialistes du monde entier par ses recherches antérieures sur les ciments, sables, mortiers et bétons, c'est surtout au point de vue expérimental que l'auteur a voulu étudier le ciment armé, et son travail repose sur un ensemble d'essais, au cours desquels il a examiné successivement les diverses influences qui peuvent intervenir, notamment celle de la répétition des charges, qui, malgré son importance capitale, n'avait encore été qu'à peine effleurée jusqu'à ce jour.

Après avoir décrit ses expériences, M. Feret aborde à son tour la théorie du ciment armé : s'appuyant sur les lois connues de l'élasticité, il montre comment on peut calculer les actions moléculaires qui prennent naissance sous l'action des forces extérieures, examine les divers modes de rupture possibles et décrit avec exemples à l'appui, une ingénieuse méthode graphique permettant de déterminer les tensions et les allongements des deux matériaux en présence, soit pendant les premiers changements, soit après un grand nombre d'alternatives de fatigue et de repos.

Dans la troisième partie du volume, d'une utilité pratique immédiate, l'auteur donne, pendant 140 pages, une abondante nomenclature des livres et articles publiés jusqu'ici sur le ciment armé, classés suivant un ordre méthodique, de telle sorte que le lecteur puisse immédiatement trouver, groupés ensemble, tous les documents relatifs au point spécial qui l'intéresse. Cette bibliographie est, de beaucoup, la plus complète qui ait encore été publiée sur la question : elle sera du plus grand secours à tous les ingénieurs.

Enfin, dans la quatrième partie, l'auteur a exposé un ensemble d'aperçus tout nouveaux sur les résistances des mortiers et bétons aux divers genres d'efforts, agissant avec ou sans chocs, exercés d'une manière continuellement croissante ou répétés un grand nombre de fois. En particulier, il a donné beaucoup de détails sur l'adhérence de ces matériaux entre eux, aux pierres et au fer, question très peu étudiée jusqu'à ce jour. Ce travail, d'un caractère très personnel, forme le développement et la continuation des recherches indiquées par M. Feret dans diverses de ses précédentes publications ; outre les lois qu'il met en évidence, il fournit une documentation abondante et de nombreuses données numériques qui seront de la plus grande utilité pour toutes les personnes ayant à employer les mortiers et bétons de ciment, soit seuls soit renforcés d'armatures métalliques.

F. T. S.

(1) 1 vol. grand in-8°, de IV-778 pages avec 197 figures. 1906. 20 francs.

Habitations à bon marché. — Éléments de construction moderne, par G. Franche, Ingénieur-Architecte (A. et M.-E. C. P.). (1).

Cet ouvrage, comme son titre l'indique, se divise en deux parties, dont la première traite des habitations à bon marché. Après un historique de la question, l'auteur donne, en rapides monographies, un assez grand nombre d'exemples d'habitations, tous pris en France. Bien que connus pour la plupart, ils sont toujours instructifs à étudier. Mais il aurait été intéressant de pouvoir les comparer avec ce qui se fait à l'étranger dans le même ordre d'idées. On aurait voulu trouver la description des maisons anglaises de Port-Sunlight, si bien comprises dans tous leurs détails, celle des maisons à étages, anglaises et belges, où les couloirs intérieurs sont supprimés et remplacés par des balcons d'accès, celle des maisons des colonies Krupp, à Essen, avec leurs cuisines donnant sur un balcon couvert, où le séchage du linge est ainsi rendu possible et hygiénique, et bien d'autres exemples.

Ce n'est pas à dire que les maisons françaises sont sans intérêt. Bien au contraire, et les descriptions que contient l'ouvrage de M. Franche en sont la preuve. Ce n'est qu'au point de vue de l'étude comparative que nous exprimons ce regret.

Quant à la seconde partie, qui s'applique à la construction en général, et non spécialement à l'habitation à bon marché, c'est la revue rapide de tous les éléments de construction entrant dans un édifice.

Georges Courtois.

Les grands percements alpins, Fréjus, Saint-Gothard, Simplon et autres tunnels exécutés au moyen de la perforation mécanique, par l'Ingénieur G.-B. Biadego (2).

Le très important et très intéressant ouvrage de M. l'Ingénieur G.-B. Biadego est une monographie des plus complètes et des mieux documentées des principaux tunnels des Alpes ou des Apennins pour lesquels la perforation mécanique a été employée. Outre la description des travaux de percement du Mont-Cenis (Fréjus suivant la dénomination italienne), du Saint-Gothard et du Simplon, il contient celle des travaux de l'Arlberg (10 249,88 m), du Turchino (6 427,60 m), de l'Albula (5 866 m), et de quelques autres de moindre longueur.

Pour chacun de ces ouvages l'auteur, après avoir indiqué les conditions générales de son exécution, altitude au-dessus du niveau de la mer, longueur, pentes et rampes, section transversale, expose en détail le mode d'exécution des travaux, l'organisation des chantiers et les résultats obtenus et décrit d'une manière complète les installations extérieures pour la création de la force motrice. Des tableaux clairs et

(1) In-8°, 210 × 135 de 513 p. avec 614 fig. Paris, Vve Ch. Dunod, 1905. Prix : broché, 9 f.

(2) In-8°, 240 × 165 de XV-1 228 p. avec atlas même format de 30 pl., Milano, Ulrico Hoepli, 1906, prix br. 45 l.

bien présentés résument les diverses circonstances du travail: avancement journalier moyen et maximum, pertes de temps et leurs causes, nature des terrains traversés, quantités d'eau rencontrées, température de la roche aux différents points du tunnel, consommation d'explosifs, importance de la main-d'œuvre, etc.

Au cours de ces exposés se rencontre la description de toutes les perforatrices mises en usage dans ces différents ouvrages ainsi que des appareils de compression de l'air ou de l'eau et des moyens employés pour la ventilation des galeries pendant leur exécution et pour leur exploitation.

De nombreuses planches complètent et précisent les indications données sur les travaux et les appareils qui ont servi à les exécuter.

L'ouvrage se termine par un chapitre intitulé « Considérations générales » dans lequel, après avoir réuni dans un tableau d'ensemble les données principales relatives aux différents tunnels étudiés, l'auteur fait une comparaison des systèmes employés et des résultats obtenus.

Au point de vue du mode d'exécution deux procédés sont en présence : le premier dans lequel l'ouverture de la galerie d'avancement se fait à la base du tunnel, le second dans lequel elle est placée au sommet.

C'est au Gothard seulement que le second procédé a été employé. Il comporte de nombreux inconvénients. Celui qui a été le plus souvent mis en lumière consiste dans la difficulté de suivre l'avancement avec les travaux d'élargissement et d'achèvement du tunnel, l'allongement exagéré des chantiers qui en résulte, leur aération défectueuse et le temps très long qui s'écoule entre l'ouverture de la petite galerie et la mise en service de l'ouvrage. On avait été conduit au Gothard, pour parer à cet inconvénient, à attaquer mécaniquement les abatages et la cunette du strosse; mais l'insuffisance des forces motrices, du côté Sud pricipalement et pendant l'hiver, n'avaient permis de développer ce travail que d'une façon insuffisante et intermittente et on n'avait pas pu en obtenir les résultats qu'il aurait probablement donnés s'il avait été appliqué d'une façon plus régulière.

Un autre inconvénient très grave de la galerie d'avancement en calotte — et celui-là n'a pas de remède — résulte de la difficulté de se débarrasser de l'eau quand elle vient en abondance. Cette eau ne peut être canalisée que lorsque le tunnel est achevé et elle devient une gène considérable pour toutes les attaques qui se trouvent à avoir à lutter successivement avec elle. Avec la galerie de base le canal d'écoulement peut être exécuté immédiatement et tous les chantiers sont asséchés.

Enfin le transport des déblais qui doit être reporté d'un étage à l'autre dans le cas de la galerie de faîte est certainement moins simple que si la voie est posée dès le début à sa place définitive.

Par contre, le percement de la galerie d'avancement à la base du tunnel comporte l'ouverture d'une seconde galerie au sommet, ce qui correspond à une dépense supplémentaire importante. Mais, *pour un long tunnel*, dont l'avancement doit être rapide et pour lequel le service des transports et la ventilation constituent toujours de gros problèmes, il y a, certainement, intérêt à avoir les chantiers ramassés sur la moins grande longueur possible, des voies très bien établies, et il semble que

l'attaque de base est préférable, surtout si des venues d'eau importantes sont probables.

Au point de vue de la perforation mécanique deux systèmes différents ont été également mis en œuvre : la perforation par marchines à percussion et celle par machines à rotation. La perforatrice Brandt est la seule machine à rotation employée tandis que le nombre des machines à percussion est considérable.

La comparaison des résultats obtenus par ces machines n'est pas facile parce que les conditions dans lesquelles elles ont travaillé etaient différentes. Ainsi, au tunnel de l'Arlberg, dont les installations ont été faites par l'État autrichien, on a voulu faire cette comparaison et on a employé à l'est des machines Ferroux à percussion et à l'ouest des machines Brandt; mais les roches rencontrées par ces dernières se sont trouvées très défavorables à leur action et la comparaison n'a pas pu se faire normalement. Ce n'est que dans les derniers temps que les galeries ont traversé des roches analogues; les résultats ont été à peu près semblables.

Il semble pourtant résulter des nombreux exemples cités que les perforatrices rotatives peuvent arriver à produire un avancement plus rapide que celles à percussion. On est, en effet, parvenu au Simplon à faire 10,9 m d'avancement dans un jour et pour une seule attaque, tandis qu'avec les machines à percussion on n'a jamais dépassé 8 m. Ces chiffres réprésentent, d'ailleurs, l'un et l'autre, des résultats exceptionnels.

En ce qui concerne la consommation d'explosifs l'avantage est à la machine à percussion. M. l'Ingénieur Biadego pense que cela tient à ce que les machines Brandt ont travaillé dans des roches plus dures, nous estimons que cette plus grande consommation est due principalement, à ce que, avec les machines rotatives, on en fait qu'un petit nombre de trous très gros régulièrement distribués sur le front d'attaque, tandis qu'avec les machines à percussion, on en perce un nombre beaucoup plus grand, plus logiquement répartis, et que l'on fait partir en plusieurs volées de façon à ouvrir d'abord au centre une excavation autour de laquelle la roche, déjà dégagée, est abattue plus facilement. Dans ce dernier cas les coups de mine du centre ont seuls besoin d'être fortement chargés, tandis que dans le premier tous les coups comportent à peu près la même charge et la consommation totale est plus grande.

Les dépenses par mètre courant de tunnels sont indiquées comme étant de 5 500 f pour le Mont-Cenis, 4 500 f pour le Saint-Gothard, 4 650 f pour l'Afprlberg et 5 500 f pour le Simplon (ce dernier chiffre n'est pas définitif); mais il faut remarquer que la campagne du Gothard ayant été désastreuse pour l'entreprise, le chiffre de 4 500 f ne représente pas la dépense réelle, mais seulement la somme déboursée par la Compagnie.

Le chapitre des considérations générales est complété par des études théoriques très étendues sur les compresseurs, les ventilateurs et quelques autres appareils.

Tous les renseignements relatifs à la construction des grands tunnels se trouvent donc réunis dans ce bel ouvrage.

IIe SECTION

Note sur l'éclairage au gaz à incandescence des voitures de chemins de fer, par M. E. Biard et M. G. Mauclère (Extrait de la *Revue Générale des Chemins de fer et des Tramways* n° d'octobre 1906) (1).

MM. Biard et Mauclère rendent compte d'études entreprises en vue de comparer l'éclairage au gaz riche avec manchon droit et avec manchon sphérique renversé.

La première partie de la Note est consacrée aux expériences photométriques; la seconde a pour objet la comparaison des deux types de manchons au point de vue de la résistance en service et des résultats économiques.

La Compagnie de l'Est a conclu au maintien, sur son réseau, de l'éclairage par le gaz riche avec manchon droit auquel elle donne la préférence en raison de la fixité et de la régularité de la lumière aussi bien que de la modicité du prix de revient.

Les diagrammes de la répartition de l'éclairage dans les compartiments, qui sont donnés dans cette Note, sont très intéressants. Ils montrent d'une manière frappante comment la répartition de la lumière s'établit dans les divers compartiments et comment elle varie suivant la nature de la source lumineuse et suivant les teintes du plafond et des parois.

H. D.

Le moteur d'automobiles à la portée de tous, par M. René Champly (2).

On trouve dans ce volume après quelques considérations générales une description du moteur à quatre temps et de diverses combinaisons pour le groupement des cylindres. Puis il est parlé du moteur à deux temps. De nombreux chapitres sont consacrés à la carburation et à l'allumage. L'auteur explique ensuite le silencieux, le régulateur à boules, les systèmes de refroidissement et le graissage. Il renseigne sur les précautions à prendre tant pour la mise en marche qu'après l'arrêt et sur les moyens de parer à divers accidents. Les deux dernières parties ont pour objet les caractéristiques, les prix et les applications soit aux véhicules de transport les plus divers, soit aux groupes : pompes, machines électriques, etc.

H. D.

(1) In-4°, 320 × 225 de 28 p. avec fig. Paris, H. Dunod et E. Pinat, 1906.
(2) In-8°, 250 × 165 de XIII-439 p. avec 286 fig. Paris, H. Desforges, 1907, Prix, relié : 7,50 f.

IVe SECTION

Le carbone et son industrie, par Jean Escard, Ingénieur civil, ancien élève du Laboratoire central de la Société internationale des Electriciens (1).

De toutes les substances minérales que nous fournit la nature, le carbone est, sans conteste, la plus importante et la plus curieuse : sous ses différentes formes, l'industrie et le commerce en tirent annuellement des centaines de millions ; il a de plus l'heureuse fortune de pouvoir, grâce à la multiplicité de ses propriétés physiques et chimiques, fournir sans cesse de nouveaux éléments d'étude aux hommes de science. On comprend que M. Jean Escard ait été tenté d'en faire une monographie; il lui a consacré un volume de 763 pages et il est loin d'avoir épuisé son sujet.

Dans un premier chapitre, l'auteur met en évidence, avec un réel talent, le rôle multiple du carbone. Puis il passe à l'étude du carbone solide : diamant, graphite, carbones amorphes et houille.

La partie consacrée au diamant est de beaucoup la plus importante ; elle comprend 332 pages et constitue un vrai traité sur la matière. Peut-être M. Jean Escard aurait-il dû donner moins de détails sur les diamants historiques et ne pas tant sacrifier la dernière partie de son ouvrage, celle qui est relative à la houille. Bien que ce combustible ait une autre importance industrielle que le diamant, l'auteur a traité « la houille et ses différentes variétés, les applications industrielles de la houille et la description des principaux gisements » en 159 pages; cette étude est par trop sommaire, surtout en ce qui concerne les gisements houillers. Certaines figures, trop simplifiées en vue de les rendre schématiques ne peuvent donner que des idées fausses sur l'allure de ces derniers.

Malgré ses défauts, cet ouvrage peut rendre de grands services par les renseignements de toutes sortes qu'il renferme, encore que ceux-ci gagneraient beaucoup à être accompagnés d'indications bibliographiques plus complètes.

Ve SECTION.

L'Alcool dénaturé, par E. Varenne (2)

Cet ouvrage, bien documenté et bien présenté, résume toute la question de l'alcool dénaturé, destiné aux emplois industriels et particulièrement au chauffage et à l'éclairage.

Après un historique de la question, l'auteur donne la composition des

(1) In-8°, XVIII-763 pages avec 120 figures dans le texte. Paris, H. Dunod et E. Pinat, 1906. Prix : 25 f.

(2) In-8°, 190×120 de 169 p. Paris, Gauthier-Villars; Masson et Cie. Prix, broché : 2,50 f.

dénaturants employés en France et décrit les méthodes analytiques officielles. Il dévoile les fraudes usuelles, et donne le résumé de toutes les dispositions législatives et administratives destinées à les combattre.

On regrettera peut-être que l'auteur n'ait pas consacré un chapitre aux législations étrangères qu'il eût été bon de mettre en parallèle avec la nôtre. Ce manuel ne s'occupe que des réglementations françaises ; mais, réduit à ce rôle, il résume clairement la question pour tous ceux qu'intéresse cette industrie très moderne, pour tous les amis de l'agriculture qui voudraient lui voir prendre un rôle de plus en plus important à l'encontre des huiles minérales étrangères.

E. B.

Le Celluloïd, par Fr. Böckmann. Traduit de l'allemand, par Gustave Klotz (1).

Peu de produits nouveaux ont eu une fortune aussi rapide que le celluloïd ; sa découverte ne date que de 1869 et déjà les applications en sont aussi nombreuses que variées. L'ouvrage de Böckmann vient fort à propos nous faire connaître à la fois les procédés de production et ceux de façonnage de ce corps étrange, qui est une véritable dissolution du fulmicoton dans le camphre.

Par la même occasion l'auteur décrit l'origine du camphre et sa purification, et explique la fabrication des diverses nitrocelluloses.

Le traducteur, M. Klotz, a pensé avec raison qu'il convenait de passer en revue les autres emplois nouveaux de la nitrocellulose et des éthers de cellulose. Il a donc ajouté quelques chapitres du plus grand intérêt sur les diverses soies artificielles (soie de Chardonnet, Viskoïd, Glanzstoff), et sur les diverses applications industrielles des viscoses.

On ne peut pas dire que cet ouvrage, très sommaire, soit capable d'instruire les praticiens de ces nouvelles industries ; il faut le considérer seulement comme un livre de vulgarisation, qui soulève discrètement le voile sur des procédés extrêmement ingénieux mais presque totalement inconnus du public. C'est à ce titre surtout que la lecture doit en être recommandée.

E. B.

L'Éclairage, par M. Adrien Veber, député, ancien conseiller municipal de Paris (2).

Cet ouvrage est le premier volume paru de la *Bibliothèque des services publics municipaux et départementaux*, publiée sous la direction de M. Paul Brousse. C'est dire qu'il laisse absolument de côté toute question technique et ne traite que les questions administratives, les relations de la Ville de Paris avec les diverses Sociétés qui fournissent l'éclairage.

(1) In-8°, 225 × 140 de 126 p. avec 53 fig., Paris, H. Dunod et E. Pinot, 1906. Prix, broché : 4,50 f.
(2) 1 vol. in-8° de 340 pages. Paris, 1906. H. Dunod et E. Pinat, éditeurs. Prix, broché : 4,50 f.

Après avoir fait l'historique de l'éclairage de Paris depuis le moyen âge jusqu'à nos jours, depuis la chandelle jusqu'au réverbère, l'auteur s'étend sur toutes les négociations et tous les démêlés de la Ville avec la Compagnie du Gaz et conclut en faveur de la municipalisation des services et de l'établissement de la Régie.

L'électricité, les traités actuels avec les secteurs et les projets pour l'avenir font l'objet d'un chapitre d'une centaine de pages avec quelques documents techniques tirés des statistiques de la Ville.

Quoique les conclusions de l'auteur soient sujettes à controverse, cet ouvrage a néanmoins de l'intérêt par les documents qu'il renferme.

F. C.

Production et utilisation du froid, par M. L. Marchis, lauréat de l'Institut, professeur adjoint de physique à la Faculté des Sciences de l'Université de Bordeaux (1).

Il manquait à notre littérature spéciale sur l'industrie frigorifique un ouvrage didactique. M. Marchis, s'inspirant des travaux les plus récents parus en Allemagne, en Angleterre et aux États-Unis, et après étude de tout ce qui a été publié sur la question, s'est chargé de combler cette lacune.

Son ouvrage est encyclopédique en son genre; il a, de plus, le très grand mérite d'être conçu dans un esprit de méthode et de coordination qui font de lui un véritable et précieux livre d'étude.

L'auteur fait précéder son ouvrage d'une importante et intéressante introduction sur le développement de l'industrie frigorifique, dans laquelle, après avoir fait un historique sommaire de cette industrie, il montre quelle répercussion a, en ce moment, sur l'évolution de certaines industries, l'application du froid industriel.

L'ouvrage proprement dit peut se diviser en deux parties principales:

Dans la première, l'auteur expose la théorie des machines frigorifiques à gaz liquéfiés par compression et montre quelles corrections la pratique fait subir aux résultats fournis par la théorie. Il décrit avec soin les divers types de compresseurs, de liquéfacteurs et d'évaporateurs usités actuellement.

Cette étude des machines destinées à produire le froid ne parle pas des machines à absorption, et l'on ne peut que le regretter.

La deuxième partie, la plus développée, est consacrée à l'utilisation du froid, et c'est d'elle qu'on est en droit d'attendre les plus grands services. Elle peut se subdiviser elle-même en deux sections, dont la première traite des appareils, constructions et aménagements destinés à recevoir le froid produit par la machinerie, à l'emmagasiner, à le conserver pour permettre d'en tirer le meilleur parti industriel, et dont la seconde est consacrée à l'étude des emplois et applications de ce froid.

Dans cette étude, l'auteur a montré quel rôle important joue le froid

(1) 1 vol. grand in-4°, de 586 pages avec 403 fig. Paris, 1906. H. Dunod et E. Pinat, éditeurs. Prix, broché : 37,50 f.

dans la conservation des denrées alimentaires, en exposant pour chacune d'elles comment il doit être appliqué pour qu'elle bénéficie de son emploi. Les règles précises qu'il indique, et qui sont basées sur des essais sérieusement poursuivis, sont du plus grand intérêt pour ceux qui veulent pratiquer et utiliser cette industrie du froid.

Les figures, schémas, photographies et plans détaillés d'un grand nombre d'installations frigorifiques, qui accompagnent tous les chapitres, complètent merveilleusement cet ouvrage, qui est un livre d'étude et d'enseignement parfaitement ordonné.

F. C.

Technologie et analyse chimiques des huiles, graisses et cires, par le docteur J. Lewkowitsch, M. A.; F. I. C., chimiste conseil et analyste, Ingénieur chimiste, expert en « savonnerie » et « corps gras » au *City and Guilds of London Institute*, traduit de la troisième édition anglaise spécialement revue et augmentée par l'auteur, par Émile Bontoux, Ingénieur chimiste de l'École de chimie industrielle de Lyon, licencié ès sciences, directeur technique de la Société anonyme de savonnerie marseillaise. Tome I (1).

L'ouvrage de M. Lewkowitsch, populaire en Angleterre, très répandu en Allemagne, n'était connu en France que par des extraits publiés dans diverses revues. M. Émile Bontoux a comblé cette lacune par une traduction française que l'auteur a complétée en la mettant au courant des derniers travaux scientifiques et techniques relatifs aux corps gras.

Le premier volume de cette traduction, seul paru jusqu'à présent, comprend les douze chapitres suivants :

I. Classification des huiles, graisses et cires. Leurs propriétés physiques et chimiques.
II. Saponification des corps gras et des cires.
III. Constituants des corps gras et des cires.
IV, V, VI, VII. Essais préliminaires. Méthodes physiques et chimiques d'examen des huiles, graisses et cires. Examen qualitatif.
VIII. Examen des acides gras mélangés.
IX. Examen des matières insaponifiables.
X. Recherche et détermination quantitative de la résine.
XI et XII. Examen systématique des huiles, graisses et cires par les méthodes précédentes et par celles purement scientifiques.

Le traducteur, d'accord avec M. Lewkowitsch, a conformé les méthodes scientifiques et industrielles aux habitudes du public français et décrit de préférence les procédés et appareils familiers à notre pays.

Un second volume consacré aux monographies et à la technologie des corps gras procédera des mêmes principes, et l'intérêt qui s'attache au premier volume permet d'augurer aussi bien de cette deuxième partie.

E. C.

(1) Grand in-8° de xx-564 pages avec 53 fig. Prix, broché : 20 f; cartonné : 21,50 f.

Cours de Physique de l'École Polytechnique (cours de M. Jamin).

Premier supplément. — *Chaleur, Acoutisque, Optique*, par M. Bouty (1);
Deuxième supplément. — *Progrès de l'Électricité (oscillations hertziennes; Rayons cathodiques et rayons X)*, par M. Bouty (2);
Troisième supplément. — *Radiations, Électricité, Ionisation*, par M. Bouty (3)

Les progrès de la science physique en général, et plus particulièrement de tout ce qui se rapporte à l'électricité, sont si rapides que les ouvrages qui en traitent doivent constamment être complétés pour les maintenir au courant des nouveaux travaux et des progrès accomplis.

C'est dans ce but que l'auteur a publié successivement ces trois suppléments au *Cours de Physique* de MM. Jamin et Bouty, déjà mis à jour dans sa quatrième édition.

Le *premier supplément*, paru en 1896, donne un tableau complet, à cette date, des progrès de la physique relatifs à la *Chaleur*, l'*Acoustique* et l'*Optique*.

Les six premiers chapitres de la première partie, consacrés aux progrès de l'étude de la chaleur, traitent de la mesure des températures, des principes de la thermodynamique, de la compressibilité, des dilatations et des changements d'état, de la théorie de la dissociation de Gibbs, de la pression osmotique, du point critique et des phénomènes capillaires.

Dans les cinq chapitres de la seconde partie, l'auteur passe en revue les progrès de l'acoustique et de l'optique, c'est-à-dire les travaux sur la propagation du mouvement vibratoire, sur la propagation du son, sur l'étude des vibrations, sur la propagation de la lumière et la diffraction, et sur les phénomènes d'interférence et leurs applications.

Dans le *deuxième supplément*, paru en 1899, l'auteur, après quelques pages de généralités sur les théories mécaniques et physiques, et sur le rôle de l'éther dans la physique moderne, passe en revue les connaissances nouvellement acquises dans le domaine des mesures et des unités électriques, puis résume les travaux récents faits sur les électrolytes, les diélectriques et en magnétisme.

Vient ensuite l'étude des courants alternatifs et des moteurs à courants alternatifs, suivie d'un chapitre sur les courants de haute fréquence et la mesure de la vitesse de propagation des perturbations instantanées.

Dans le chapitre VIII, consacré aux oscillations hertziennes, l'auteur résume les dernières expériences de M. Blondot et de M. Turpain et fait un exposé des principes de la télégraphie sans fil.

Enfin, après avoir traité de la décharge disruptive, l'auteur consacre

(1) 1 vol. in-8°, 140 × 225, de 182 pages avec 41 fig. Paris, 1896, Gauthier-Villars, éditeur. Prix, broché 3,50 f.

(2) 1 vol., in-8°, 140 × 225, de 213 p. avec 45 fig. et 2 pl. Paris, 1899, Gauthier-Villars, éditeur. Prix : broché, 3,50 f.

(3) 1 vol. in-8°, 140 × 225, de 419 pages avec 104 fig. Paris, 1906, Gauthier-Villars, éditeur. Prix : broché, 8 f.

le dernier chapitre de ce supplément aux rayons cathodiques et aux rayons X.

Depuis 1899 jusqu'à cette année, l'étude des rayons cathodiques, de la radioactivité et, en général, de tout ce qui touche au passage de l'électricité à travers ces gaz, a donné naissance à une nouvelle conception de la matière et de l'électricité et a transformé les idées qui dirigent actuellement les physiciens. C'est pour mettre l'enseignement supérieur à la hauteur des théories modernes que M. Bouty a voulu condenser dans son *troisième supplément*, au cours de Physique de l'École Polytechnique, sous la forme d'un traité classique, les travaux récents dont les plus importants ont fourni la matière des rapports au Congrès de Physique de 1900.

Le livre comprend trois parties principales traitant des radiations, des phénomènes électriques et de l'ionisation.

Dans la première partie (quatre chapitres), l'auteur étudie le corps noir et la pression de radiation, l'émission des gaz, le spectre infra-rouge et les ondes hertziennes.

La deuxième partie (quatre chapitres) est consacrée à l'étude de la convection électrique, du magnétisme, des courants alternatifs et polyphasés, de l'électrolyse et de la théorie de Nernst relative aux électrolyses.

La troisième partie, de beaucoup la plus développée, comprend neuf chapitres : elle est consacrée spécialement au passage de l'électricité à travers les gaz et traite successivement de la condensation de la vapeur d'eau, de l'étude des ions gazeux, de la radioactivité, de la cohésion diélectrique des gaz et de la décharge. Le dernier chapitre décrit les instruments les plus employés dans ce genre de recherches.

F. C.

VIe SECTION

L'Électricité à l'Exposition de Liège 1905, par J.-A. Montpellier, rédacteur en chef de *l'Électricien*, avec introduction de M. Eugène Sartiaux, président du Comité français du groupe V à l'Exposition de Liège (1).

La publication de *l'Électricité à l'Exposition de Liège* a été décidée par le Comité d'organisation de la Section française d'électricité; M. Montpellier fut chargé de décrire dans un rapport d'ensemble tout ce qui, ayant trait à l'électricité et sans distinction de nationalité, avait figuré à Liège.

C'est ce rapport qui constitue la partie technique du présent volume. Cette partie se trouve précédée d'une longue introduction dans laquelle M. E. Sartiaux, Président du Groupe de l'Électricité, passe en revue l'histoire et l'organisation de l'Exposition.

M. Montpellier a divisé son rapport en huit parties : dans la première partie, consacrée à la production de l'énergie électrique, il décrit les

(1) In-8°, 255×165 de XXX-494 p. avec 238 fig. Paris, H. Dunod et E. Pinat. 1906. Prix, broché : 18 f.

dynamos à courant continu et alternateurs, ainsi que les moteurs à vapeur et à gaz qui les actionnaient. Les deuxième et troisième parties traitent de la transformation et de la distribution de l'énergie électrique; l'auteur y décrit, en s'étendant surtout sur les appareils présentant des dispositions nouvelles les transformateurs, les accumulateurs, le matériel des lignes aériennes et souterraines, les tableaux de distribution, les interrupteurs à haute tension, les parafoudres, etc. Les cinq autres parties ont été réservées aux applications mécaniques, à l'électro-chimie et électro-métallurgie, aux applications thermiques, aux instruments de mesure, aux applieations diverses.

En résumé, *l'Electricité à l'Exposition de Liège* nous fait connaître l'état de l'Industrie électrique en 1905, et nous permet de nous rendre compte des progrès accomplis depuis l'Exposition de 1900. P. S.

Moteurs électriques à courants continu et alternatif, théorie et construction, par Henry M. Hobart, B. Sc. M. I. E. E., Mem. A. I. E. E., traduit de l'anglais par F. Achard, Ingénieur à la Société Alsacienne de constructions mécaniques (1).

L'étude des moteurs électriques a fait déjà l'objet de nombreux ouvrages. Mais la plupart nécessitent une application de connaissances mathématiques élevées. L'ouvrage de M. Hobart, au contraire, a été conçu dans un esprit essentiellement pratique, l'auteur s'efforçant de mettre en relief les questions les plus importantes en les présentant sous une forme qui permet de renoncer presque entièrement à l'emploi des formules algébriques. La question de la commutation dans les moteurs à courant continu est, entre autres, traitée par une méthode très simple; et la déduction, faite sur un exemple numérique de la théorie du moteur asynchrone triphasé, est également à signaler. L'absence de formules est d'ailleurs compensée par une série d'exemples numériques où les calculs entiers de moteurs de différentes provenances sont développés dans tous leurs détails. C'est là le guide le plus sûr qu'un calculateur novice puisse rencontrer, tandis que le praticien trouve un vif intérêt à comparer ces exemples avec le fruit de sa propre expérience.

Le succès qu'a rencontré le présent ouvrage, tant en Angleterre qu'en Allemagne, a incité M. F. Achard, Ingénieur à la Société Alsacienne de constructions mécaniques, à en entreprendre la traduction. L'excellente édition francaise, qu'il présente aujourd'hui, diffère par plusieurs points de l'édition anglaise. M. Achard a heureusement remanié l'ordre des matières et la disposition des différents chapitres; de plus il a, avec la collaboration de M. Hobart, complété et mis en quelque sorte à jour l'ouvrage : les moteurs à pôles de commutation et les moteurs monophasés à collecteur ont fait l'objet de chapitres nouveaux. Enfin plusieurs descriptions nouvelles de moteurs de construction française ont été ajoutées.

Le travail de M. Achard rencontrera certainement, en France, l'accueil favorable qui lui est dû. P. S.

(1) 1 vol. in-8°, 285 × 190 de VIII-449 pages avec 526 fig. et 2 pl. Paris, H. Dunod et E. Pinat, 1907. Prix, broché : 23,50 f.

TABLE DES MATIÈRES

CONTENUES

DANS LA CHRONIQUE DU 2e SEMESTRE, ANNÉE 1906

(Bulletins de juillet à décembre.)



TABLE DES MATIÈRES

TRAITÉES DANS LE DEUXIÈME SEMESTRE, ANNÉE 1906

(Bulletins de juillet à décembre.)

ADMISSION DE NOUVEAUX MEMBRES

BIBLIOGRAPHIE

CHIMIE INDUSTRIELLE

CHRONIQUE

Voir *Table spéciale des matières.*

COMPTES RENDUS

CONCOURS

CONGRÈS

CONSTRUCTIONS CIVILES

DÉCÈS

DÉCORATIONS FRANÇAISES

DÉCORATIONS ÉTRANGÈRES

DIVERS

DONS ET LEGS

ÉLECTRICITÉ

GÉNÉRATEURS — MACHINES A VAPEUR

MÉCANIQUE

MÉTALLURGIE

NAVIGATION

NÉCROLOGIE

NOMINATIONS

PHYSIQUE

OUVRAGES, MÉMOIRES ET MANUSCRITS REÇUS

PLANCHES

PRIX ET RÉCOMPENSES

TRAVAUX PUBLICS

TABLE ALPHABÉTIQUE

PAR

NOMS D'AUTEURS

DES MÉMOIRES INSÉRÉS DANS LE 2e SEMESTRE, ANNÉE 1906.

(Bulletins de juillet à décembre.)

Le Secrétaire Administratif, Gérant,

A. DE DAX.

IMPRIMERIE CHAIX, RUE BERGÈRE, 20, PARIS. — 19852-11-06. — (Encre Lorilleux)

S NAVI

Établies

Fig.

ES COURANTS NAVIGATION	
et de manquer la passe. e danger. — es du golfe l'incertitude de l'heure nécessite une grande prudence chez	Ceci s'applique au — — — — — — — — — — — —
liers jettent l'ancre pour ngement de marée. pour les vapeurs, qui nants à toute vitesse.	Courants générau Fleuve à marée de la Traverse. On est en train d' 27 pieds et demi.
ucun. —	Principal chenal. Fore River.
enaux les courants ne 'inconvénients.	Maximum de coura Le chenal maritim Maximum de coura
d'inconvénients dus aux courants.	La marée monte ju On est en train de
onvénients. — — »	Dans l'Hudson, en f est de même pou East River. Maxim Maximum, flux au fo — reflux au f
servations).	Maximum de vitesse, minutes. Seuls de avant trois quarts l'heure ou 8,8 pied
servations).	Entrée { Grande ma — Étroits { Grande ma — Entre Liverpool et El
difficulté.	Le canal est à écluses basses mers. La vit
»	Vitesses d'après les c de 3 nœuds et dem et 4 et demi au ref une vitesse de 8 à

Tableau B.

OBSERVATIONS

Entrée du Firth : courant vers l'est pendant six heures et demie.
Par le travers de l'île d'Arran, dans le Firth, grande marée.
Grand chenal, dans le Firth, flux et reflux.
Fleuve, à Port-Glasgow, flux et reflux.

C'est la partie la plus agitée des eaux anglaises. Quand le vent souffle en tempête au moment d'une grande marée, la mer ici n'est pas navigable. Sur certains points des Orcades les vagues ont 60 p. (18 m) et le courant de marée est, dans le Firth, de 7 à 8 et en un endroit de près de 11 n.

Au large du « Wash » les courants de marée se meuvent en cercle. Par le travers des bancs de Dowsing, le courant ne mollit jamais.

Au large de Guernesey.
Près la côte de Guernesey.
Entre Guernesey et Alderney.

Autour de Guernesey la marée et la mi-marée prévalent et en général, autour des îles de la Manche, le courant de marée a un mouvement circulaire, il fait le circuit complet en douze heures.

Partie à marée, près de Tancarville.
— — Quillebeuf et estuaire, reflux.
— — près de Tancarville, mascaret à chaque marée.
Cours supérieur. — Paris { basses eaux. / hautes eaux.
Cours supérieur. — Meulan { basses eaux. / hautes eaux.

Estuaire à marée. — Le mascaret remonte le fleuve en érigeant une crête de 3 et demi à 11 pieds à chaque marée. Il a brisé des amarres de navires et fait faire naufrage. On a creusé un canal de Tancarville au Havre pour que les bateaux de rivière puissent éviter les forts courants qui existent entre ces deux points. A Tancarville le courant de 5 nœuds pendant le reflux, le coude prononcé (8 200 pieds de rayon) et le mascaret toujours dangereux, rendent la navigation malaisée.

Mascaret. — Dans la partie inférieure de la Garonne, dans la Gironde et dans la Dordogne, les marées d'équinoxe forment un mascaret [illegible]

…a source à Tver	275 milles.	Pente, eaux basses, 0,00017.	Période de crue,	60 jours.
… à Rybinsk	235	— — — 0,00011.	—	74 —
…nsk à l'Omya	215	— — — 0,00003.	—	69 —
Omya à Nijni	85	— — — 0,00006.	—	76 —
…i à la Kama	300	— — — 0,00005.	—	93 —
…Kama à Samara	274	— — — 0,00004.	—	103 —
…ara à Saratov	221	— — — 0,00005.	—	98 —
…tov à Kamishin	145	— — — 0,000039.	—	85 —
…ishin à Czaritzine	110	— — — 0,000031.	—	100 —
…tzine à Tchorny Yar	130	— — — 0,000045.		
…rny Yar à Evotaevsk	83	— — — 0,000027.		
…aevsk à Astrakan	97	— — — 0,000027.		
…akan à la mer Caspienne	85	— — — 0,000018.		

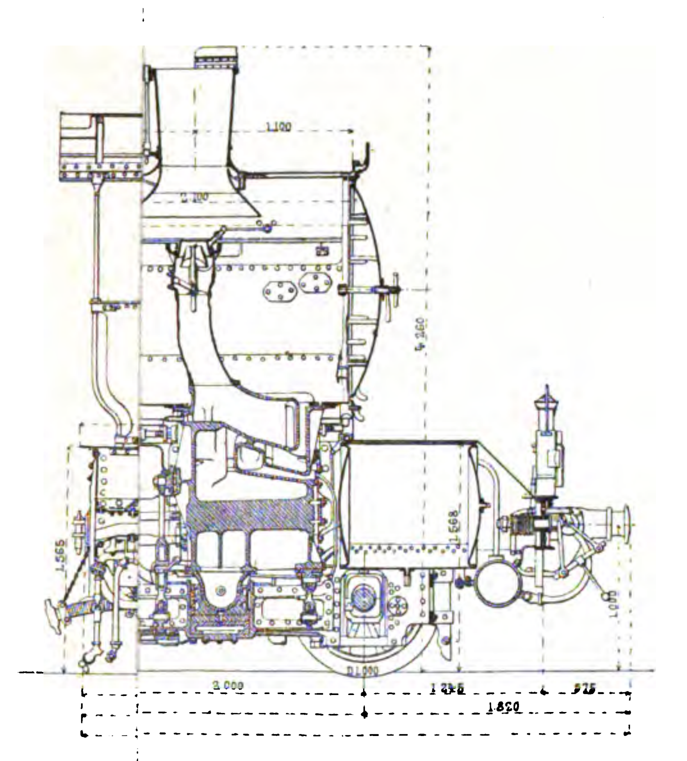
…Saïd au lac Timsah, courants locaux.
…salés à Suez, courants locaux.
…Saïd aux lacs Salés, maximum des courants entièrement dus à la marée.
…Salés à Suez, maximum des courants entièrement dus à la marée.
…mum de vitesse dans ce canal par grand vent.

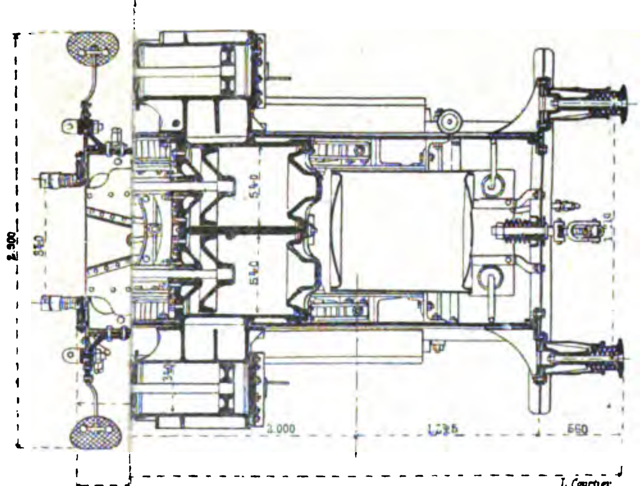
…on sèche. { flux à Hooghly. / reflux — }
…mum grande marée, reflux, chenal de mer.

On dit que par mousson nord-est il passe à Calcutta un mascaret de 5 pieds à une vitesse de 4,4 à 8,5 milles par heure.

IMP. CHAIX. — 14232-8-06.

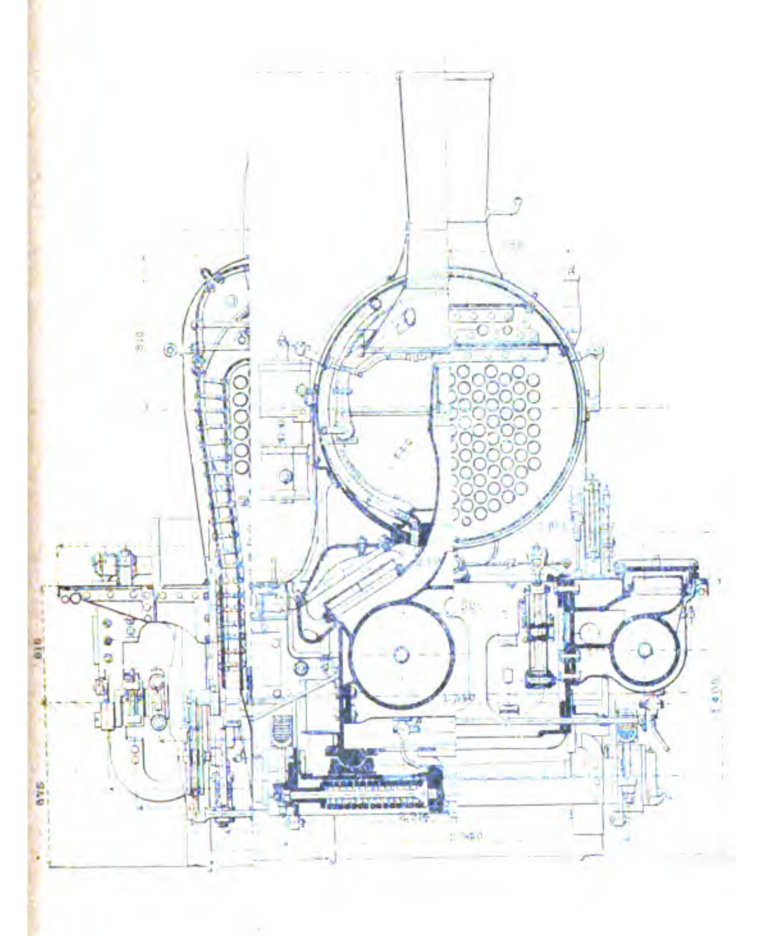
Pl. A



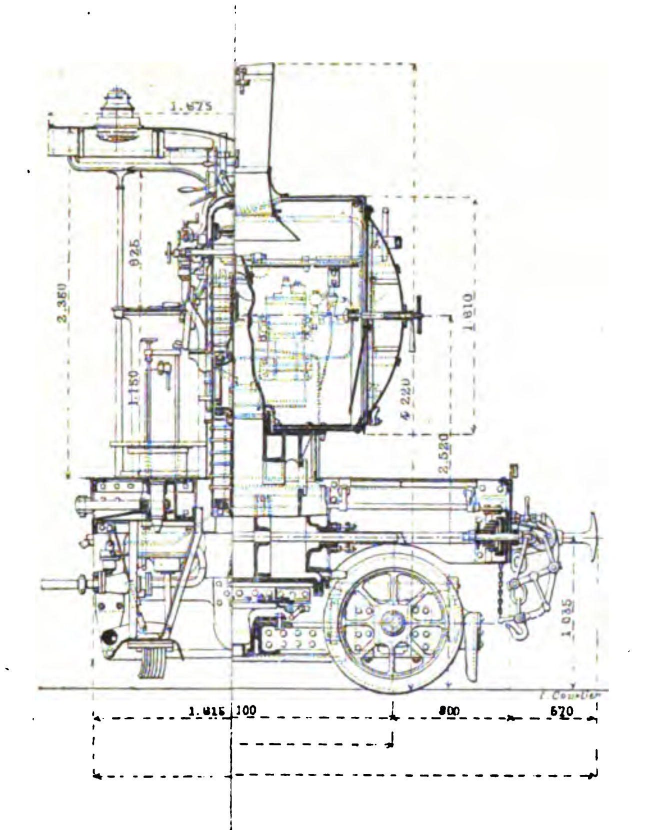


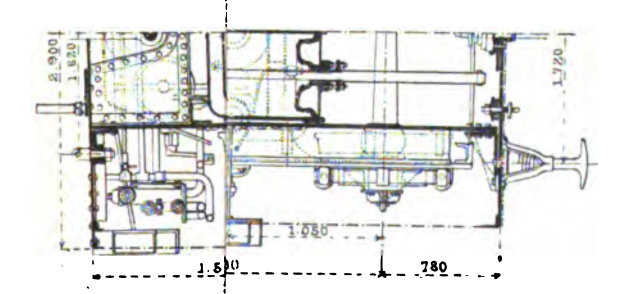
gitudinale et horizontale.

Pl. B

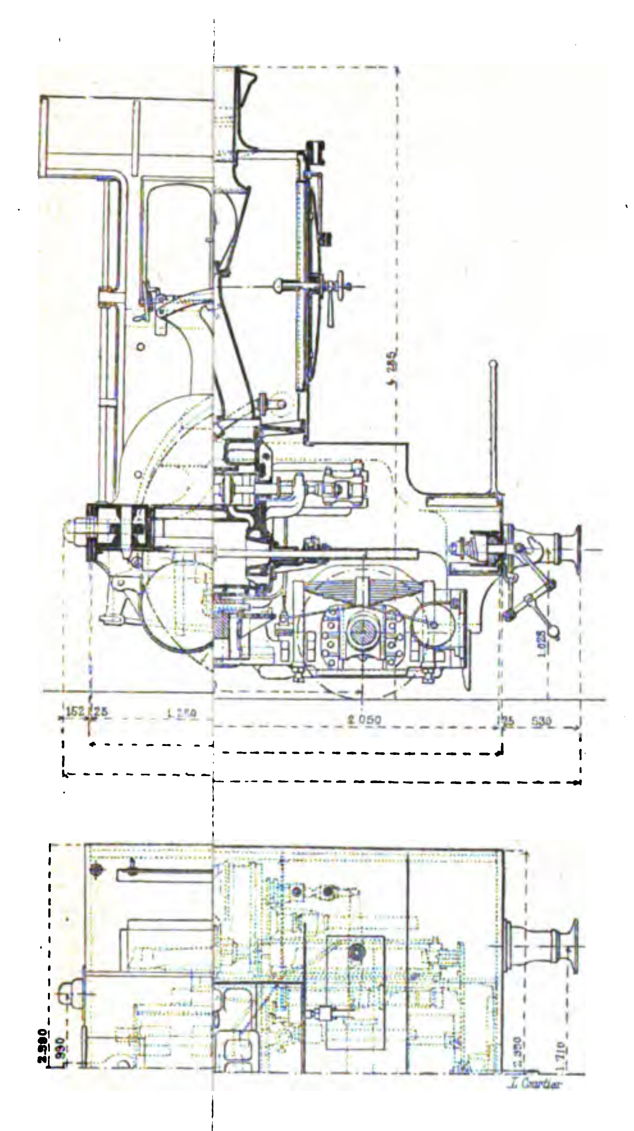


Pl. C


1.875
925
2.350
1.150
1.610
4.220
2.520
1.035
1.015
100
800
670


2.900
1.520
1.720
1.050
780

Pl. D



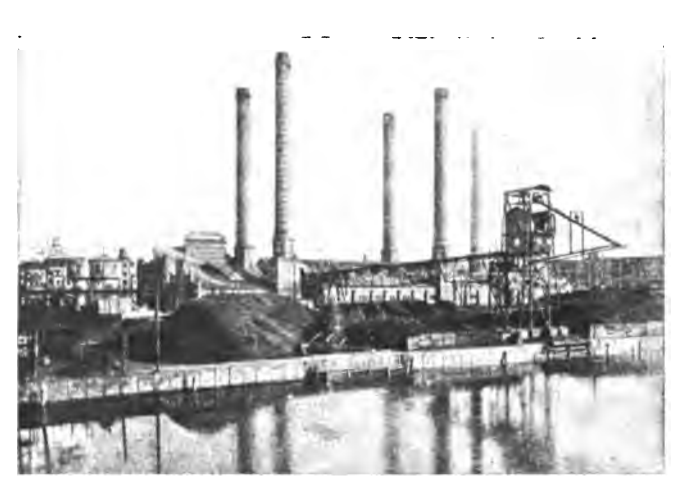


Fig. 6. — Oberspree. — Station électrique.



Fig. 8. — Moabit. — Station électrique.



Fig. 9. — Charlottenbourg. — Station électrique.

PARIS. — IMPRIMERIE CHAIX. — 16678-10-06. — (Encre Lorilleux).



um (à carbure) : C = 0,130, Va = 7
xrempe n'a aucune action;
à l'acide picrique.

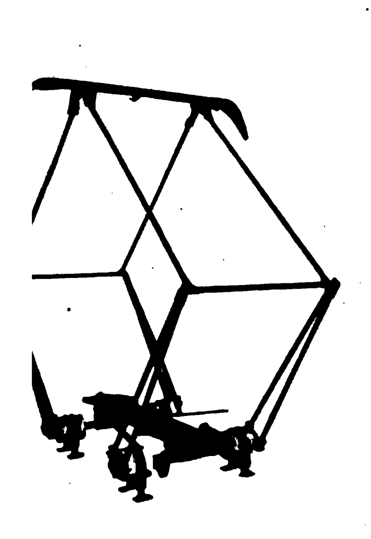


cuivre-aluminium : Al = 9,8;
olution α blanche et β noire :
u perchlorure de fer.



Vue d'un cristal SbSn
l'eutectique secondaire.

L. Courtier, 43, rue de Dunkerque, Paris



·. 6. — Pantographe. (Westinghouse.)



— -14. — Stator du moteur monophasé Marius Latour. (Thomson-Houston.)



r et rotor du moteur monophasé
été Alsacienne. (Lehmann.)

FIG



6. — Ligne de Ohlsdorf à Blankanese (Hambourg). (Voie Siemens.)



u New-York Central. (General Electric C°.)



r du moteur série compensé Lamme
(Westinghouse).

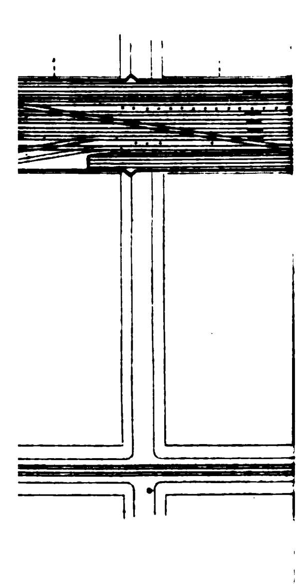


FIG. – Tracteur de la ligne de Bergame à Valle Brembana. (Westinghouse.)

1. — IMPRIMERIE CHAIX. — 1360-1-07. — (Encre Lorilleux).

Plan des voi





an des voies des tra

et Huds

